

MMANA-Antennensimulationsprogramm



Wolfgang Beer, DK2FQ

Spezielle Hinweise, Tipps und Tricks

Dieses Manuskript ersetzt nicht die Bedienungsanleitung!

Stand: 10.10.23

Manuskript – Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	2
2. Allgemein	3
3. Wie funktioniert eine Antenne?	3
4. Wie funktioniert ein Antennensimulationsprogramm?	5
5. Laden von MMANA und Erläuterung der Grundfunktionen	6
1. Programm herunterladen.....	6
2. Anmerkung zu MMANA.....	7
3. Zeichnen einer Antenne	7
4. Dipol für 7 MHz.....	9
5. 2-Element-Yagi für 144 MHz	12
6. Wendelantenne zeichnen, auf 20 m anpassen	15
6. Tipps und Tricks	18
1. Werte aufrunden.....	18
2. Maßstabsgrenze im Editor ändern	18
3. Balken zum Verschieben der Antenne ist am Anschlag	18
4. Antenne grob entwerfen, dann optimieren	18
5. Antennen-Grundformen.....	19
6. Mehrfachverwendung wiederkehrender Konstruktionsdetails	19
7. Windomantenne für mehrere Bändern optimieren	19
8. Optimierungsziel festlegen.....	20
9. Elemente/Drähte bei der Optimierung ausblenden	20
10. Das Antennenverhalten über einen großen Frequenzbereich.....	21
11. Dateiname beim Antennenvergleich.....	22
12. Antennenkonstruktion auf andere Frequenzen übertragen.....	23
13. Zwei oder mehr Antennenkonstruktionen kombinieren	23
15. Vorschlag für die Nomenklatur der Antennendateidaten	30
16. Segmentierung	31

17. Dateien suchen.....	32
18. Frequenzvoreinstellungen ändern	33
19. Erdpotenzial als Gegengewicht für einen Monopol.....	34
7. Untersuchungsideen mit MMANA.....	36
8. Programmfehler.....	36
1. Boden.....	36
2. Rechtschreibfehler	36
3. Programmbedienung blockiert	36
9. Bei MMANA beachten.....	36
10. MMANA-Antennenviewer.....	37
11. NEC-2 für MMANA.....	37
12. Diskussionsforum für MMANA im Internet.....	37
13. Antennenprojekte mit MMANA von DK2FQ	37
14. Vergleich mit anderen Simulations-Programmen	38
15. Fazit	38

1. Vorwort

Dieses Manuskript ist kein Ersatz für die Hilfe-Dateien und Beschreibungen des Programmes selbst. Es dient als **Ergänzung**. Es enthält Informationen, die ich aus Foren und in anderen Dokumentationen gefunden habe, bzw. **eigene Erfahrungen**.

Ein Antennensimulationsprogramm erlaubt ohne Materialaufwand Antennen-Konstruktionen zu untersuchen, zu variieren und so ihr Verhalten zu erkunden. Da der Boden mit simuliert wird, bekommt man auch ein Gefühl für dessen Einfluss. Wie hat der Drahtdurchmesser Einfluss auf die Antenneneigenschaften? Wie ändert sich die Strahlungscharakteristik, wenn man die gleiche Antenne neigt? Auf all diese Fragen bekommt man schnell eine Antwort.

MMANA-GAL ist ein kostenloses Werkzeug zur Antennensimulation und -analyse, das auf der mit MININEC Version 3 eingeführten Momenten-Methode basiert. Der Name MMANA ist abgeleitet aus den Namen der Ersteller: **Macoto Mori** (JE3HHT), der das **ANtenna Analyser** program geschrieben hat, das später von Igor **Gontcharenko** (DL2KQ) und **ALex** Schewelew (DL1PBD) modifiziert wurde. MMANA hat folgende Parametergrenzen:

Maximale...	Version 3.5.3.65	pro-Version (139 €)
- Segmentzahl	10.000	45.000 (bei 16 GB-Ram)
- Drahtzahl	600	10.000
- Signalquellenzahl	100	300
- Lastelementzahl (L, R, C)	100	500

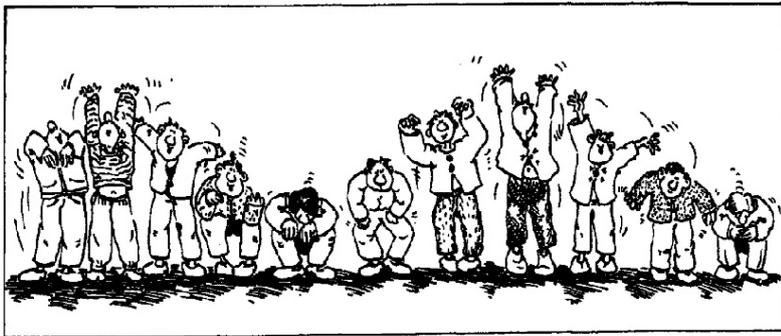
2. Allgemein

Diese Beschreibung soll nicht die allgemeine Bedienungsanleitung der Autoren dieser Software ersetzen, sondern meine einige Erfahrungen ergänzen.

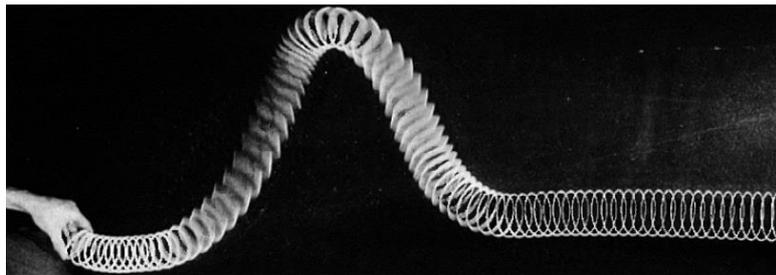
Die Antenne zeichnet man mit dem **Editor** oder gibt die Drahtkoordinaten in einer Tabelle ein. Letzteres ist aufwändiger und nicht so anschaulich. Das Programm ermittelt die typischen Daten: **Speisepunktwiderstand, Verstärkung, SWR**, usw. Das **Ausbreitungsverhalten** wird zwei- oder dreidimensional angezeigt. Dem Optimierungsprogramm kann man zusehen, wie Antennen-Elemente und deren Positionen verändert werden und wie sich die Antennendaten verhalten. Die Antenne kann gestockt betrachtet werden. Der Abstand lässt sich optimieren. Die Antennen können auf andere Frequenzen umgerechnet und verglichen werden und vieles mehr. Das Programm ist **sehr bedienerfreundlich** und bietet dem Funkamateurl die Möglichkeit ohne materiellen Aufwand zu experimentieren. Wer Windowsprogramme bedienen kann, kann auch MMANA bedienen.

3. Wie funktioniert eine Antenne?

Die Elektronen auf dem Antennendraht verhalten sich **nicht so** ...



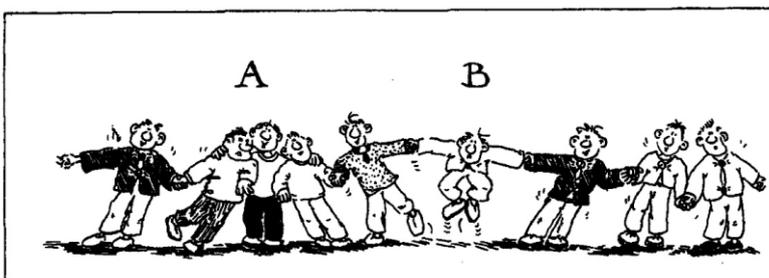
aus: <http://www.uni-leipzig.de/~jtrommer/k2b.pdf>



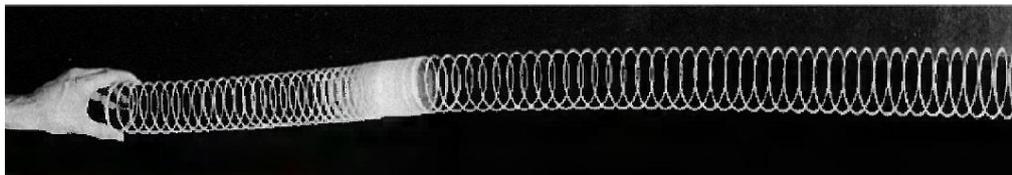
Quelle: Tipler: Physics
(engl. Ausgabe)

Beispiel einer transversalen Welle

... **sondern so:**



Analog verhalten sich die Ladungsträger auf einem Antennendraht.



Das entspricht einer longitudinalen Welle auf dem Antennendraht

Vergleich

Auch **Wasserwellen** entstehen ähnlich. Nicht die Wassermoleküle, die durch einen Stein in Bewegung gesetzt wurden, erreichen das Ufer, sondern nur die Energiewelle, die durch gegenseitiges Anstoßen weitergeleitet wird. Die Wassermoleküle schwingen nur auf und ab und bleiben so weitgehend an ihrem Platz. Die Geschwindigkeit der Wasserwellen ist wellenlängenabhängig: bei geringen Wellenlängen z.B. 10 km/h, bei großen Wellenlängen (Zunami z.B. 280 km) ca. 940 km/h.

Schallwellen verhalten sich ähnlich: Schallwellen, die z.B. die Stimmbänder verlassen, stoßen die Luftmoleküle in ihrer unmittelbaren Umgebung an, dieses leiten den Stoß an die nächsten Moleküle weiter, bis das letzte Molekül vor dem Trommelfell des Hörers dieses dann in Schwingung versetzt. Die Schallgeschwindigkeit ist nur noch abhängig vom Medium (Luft = 330 m/s).

So verhalten sich auch **Ladungsträger auf dem Antennendraht**: Durch die Erregung im Speisepunkt wird dieser Impuls auf die benachbarten Ladungsträger weitergegeben. D.h. die Elektronen bleiben mehr oder weniger an ihrem Platz und geben nur ihren Energieimpuls weiter. Da am Ende des Drahtes keine weiteren Ladungsträger mehr sind, wird hier der Druck (Spannung!) am größten. In der Mitte des Drahtes hat die Energiewelle freien Lauf, deshalb ist hier der Strom am größten (beim $\lambda/2$ -langen Draht). Dabei hat die Energiewelle im Draht immer ca. Lichtgeschwindigkeit (ca. 95 % c).

Der Ausdruck „**Strom strahlt**“ ist zwar insofern richtig, dass der Antennenteil, der am meisten Strom führt, am stärksten an der Abstrahlung beteiligt ist (die Enden einer Antenne also nicht!). Aber Strom strahlt nicht! Dort wo der höchste Strom fließt, entsteht das größte Magnetfeld um den Draht herum (Lenzsche Regel). Dieses Magnetfeld baut sich mit Lichtgeschwindigkeit in den Raum auf. Bei einem wechselnden Magnetfeld (siehe weiter unten die 3. und 4. Maxwellsche Gleichung) entsteht gleichzeitig ein wechselndes elektrisches Wirbelfeld. Dann haben wir erst die sog. elektromagnetische Welle! In unmittelbarer Nähe des Antennendrahtes (Nahfeld) haben wir noch ein getrenntes elektrisches und magnetisches Feld. Erst im Fernfeld existiert die elektromagnetische Welle, die permanent ihre Energie einmal als elektrische Energie und dann wieder in magnetische Energie umwandelt. Dann sprechen wir von der elektromagnetischen Welle. Mit dem sog. **Poynting-Vektor** kennzeichnet man in der Elektrodynamik die Dichte und die Richtung des Energietransportes eines elektromagnetischen Felds.

4. Wie funktioniert ein Antennensimulationsprogramm?

Es basiert auf den elektromagnetischen Grundlagen, die durch die 4 Maxwell'schen Gleichungen beschrieben werden:

Grundlage sind die 4 Maxwell'schen-Gleichungen

1. Gaußsches Gesetz

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

2. Gaußsches Gesetz des Magnetismus

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

3. Ampèresches Gesetz

(Erweitertes Durchflutungsgesetz)

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

4. Faradaysches Induktionsgesetz

(Induktionsgesetz)

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

E = elektrische Feldstärke
B = magnetische Flußdichte

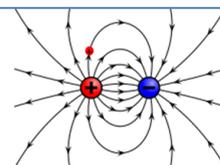
DK2FQ/ 4.4.2018

3

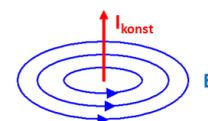


Erläuterung der Maxwell'schen Gleichungen:

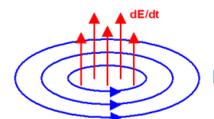
1.: Gaußsches Gesetz: Eine **ruhende elektrische Ladung** Q erzeugt um sich herum ein elektrisches Feld, die Feldlinien münden in der Ladung -> elektrisches Quellenfeld



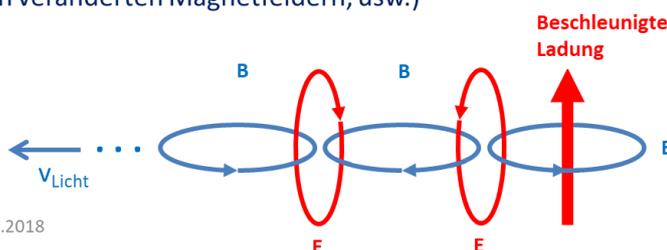
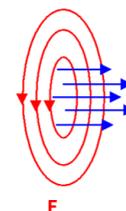
2.: Gaußsches Gesetz des Magnetismus: Magnetfelder sind quellenfrei, es gibt nur **magnetische Wirbelfelder**, es gibt keine magn. Monopole, keine magn. Ladungen und keine magn. Ströme. Magnetische und elektrische Erscheinungen sind nicht symmetrisch.



3.: Ampèresches Gesetz: zeitlich veränderte Ströme/ elektrische Felder („echter“ Strom + **Verschiebestrom**) sind ebenso von zeitlich veränderten magnetischen Wirbelfeldern umgeben



4.: Faradaysches Induktionsgesetz: Zeitlich veränderte Magnetfelder sind von elektrischen Wirbelfeldern umgeben (diese gleichzeitig von zeitlich veränderten Magnetfeldern, usw.)



DK2FQ/ 4.4.2018

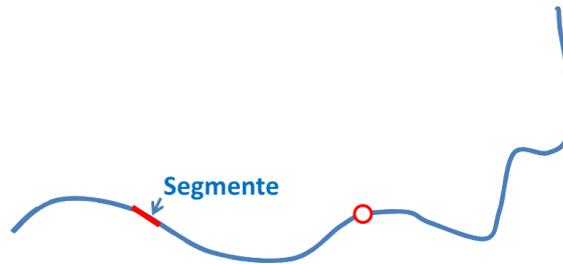
4



Bisher konnte man nur geometrisch relativ einfache Antennenkonstruktionen **analytisch** berechnen.



Heute gibt es Antennensimulationsprogramme, die auf numerischer Basis arbeiten. Sie zerlegen komplexe Antennenformen in kleine Segmente, bis jedes einzelne nur noch linearen Charakter hat. Auf Basis der Maxwell'schen Gleichungen wird jedes einzelne (lineare) Segment herkömmlich berechnet und zu einem resultierenden Gesamtergebnis vektoriell addiert. Das Ergebnis entspricht dann der komplexen Konstruktion, die man untersuchen will.



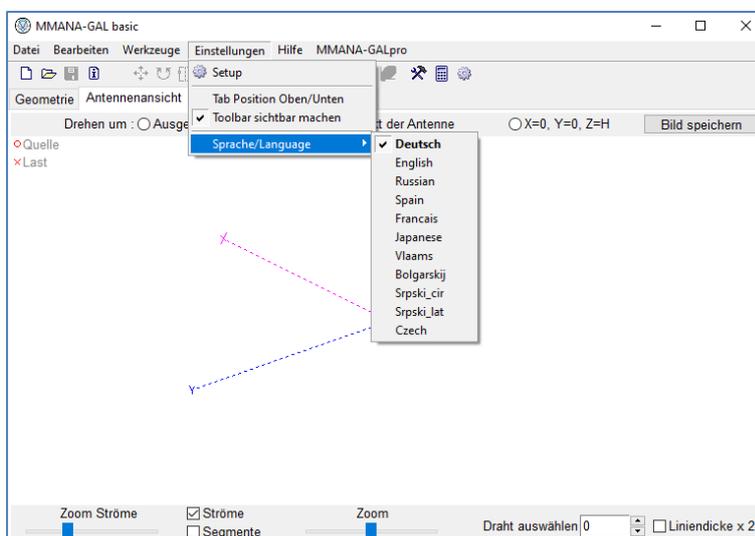
5. Laden von MMANA und Erläuterung der Grundfunktionen

1. Programm herunterladen

Das **Programm** lädt man aus dem Internet herunter: Entweder indem man in Google 'MMANA' eingibt (der Link erscheint meist direkt an erster Stelle) oder direkt auf die Seite: <http://dl2kq.de/mmana/4-7.htm> (Igor Gontcharenko) geht. Diese wählen, ganz nach unten scrollen und unter „Download und Links“ <http://gal-ana.de/basicmm/download/download.php?mm=3> Laden. Eine ausführliche **Bedienungsanleitung** findet sich, nachdem man das Programm gestartet hat, unter 'Hilfe/Online help'. Der Text ist in English oder Russisch. Durch Drücken der rechten Maustaste, erscheint ein Befehl „übersetzen in Deutsch“. Das ist keine perfekte Übersetzung, aber der Sinn erschließt sich recht gut. Mit dem Programm werden automatisch bereits berechnete Antennenfiles mitgeladen. Die erscheinen nach dem Programmstart unter 'Datei öffnen'.

MMANA öffnen.

Falls das Programm nicht in deutscher Beschriftung erscheint, kann man das hier umstellen:



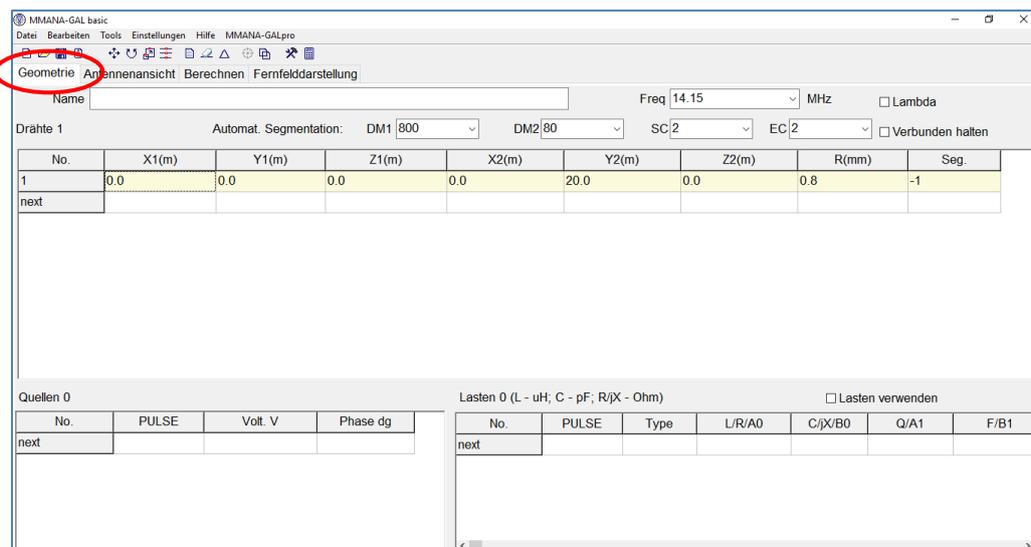
MMANA legt keine Einträge in der Windows-Registry ab. Wenn MMANA auf dem Rechner entfernt werden soll, einfach das MMANA-Verzeichnis auf der Festplatte samt Inhalt löschen.

2. Anmerkung zu MMANA

Der bei MMANA zugrunde liegende Rechenkern MININEC3 berücksichtigt den realen Erdboden bei der Berechnung des Richtdiagramm nur für das Fernfeld. Für die Berechnung der Impedanz nimmt es stets ideal leitenden Boden an. Bei im Vergleich zur Wellenlänge niedrig gewählten Höhen (nur für horizontale Antennen $< 0,16 \lambda$) ergibt sich ein niedrigeres Z als in Wirklichkeit. MMANA ist nicht schlechter und nicht besser als z.B. EZNEC oder 4NEC2. Es sind jeweils nur Bedienoberflächen zum jeweiligen Kern NEC2 bzw. MININEC. Die Unterschiede sind in der Tabelle im Anhang dargestellt. Wenn man die dort aufgezeigten Grenzen der jeweiligen Kerne beachtet, stellen sich zufriedenstellende Ergebnisse ein.

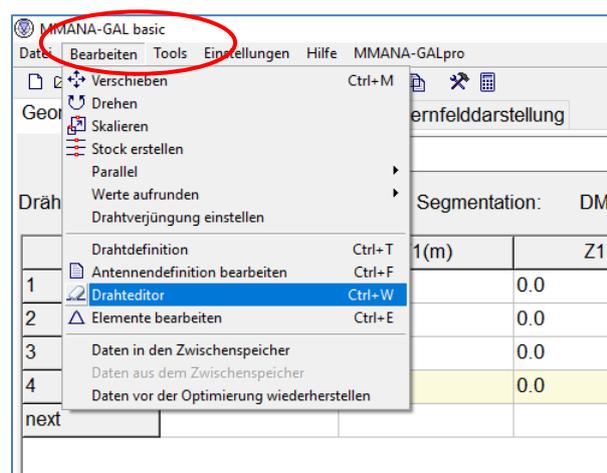
3. Zeichnen einer Antenne

Entweder man trägt die Endkoordinaten der einzelnen Drähte in die Tabelle unter 'Geometrie' ein (hier ein 20 m langer Draht mit 1,6 mm Durchmesser, $R = 0.8$ mm):

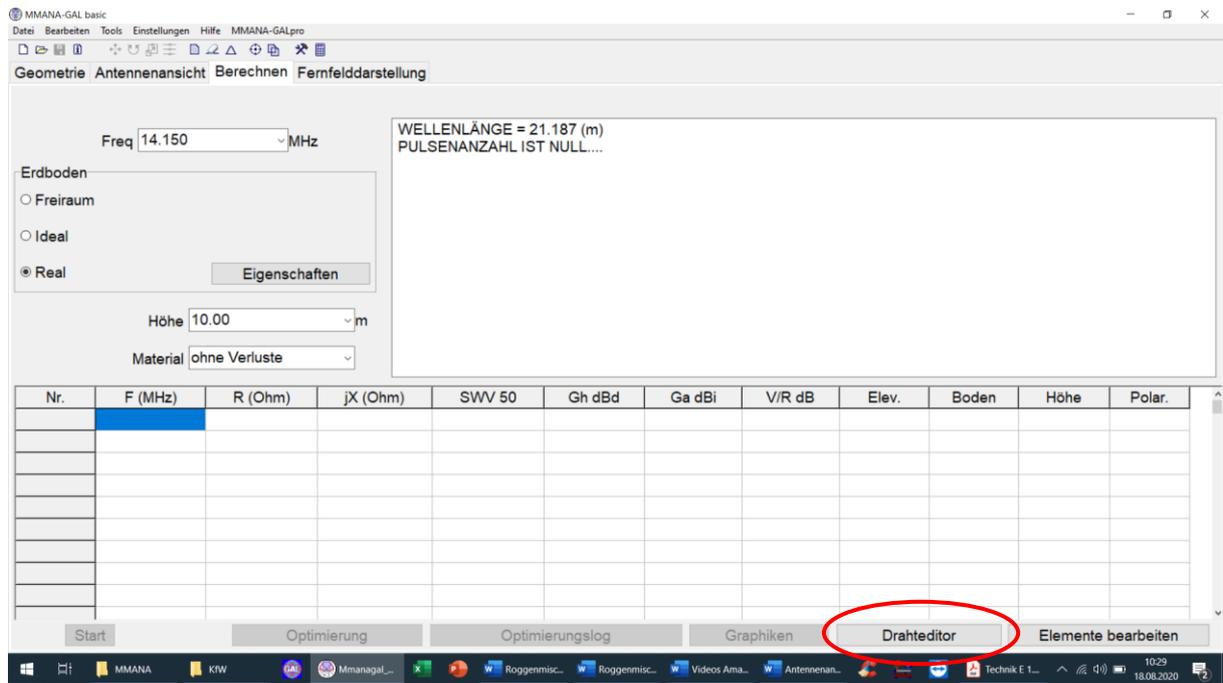


Oder man zeichnet die Antenne mit dem Editor:

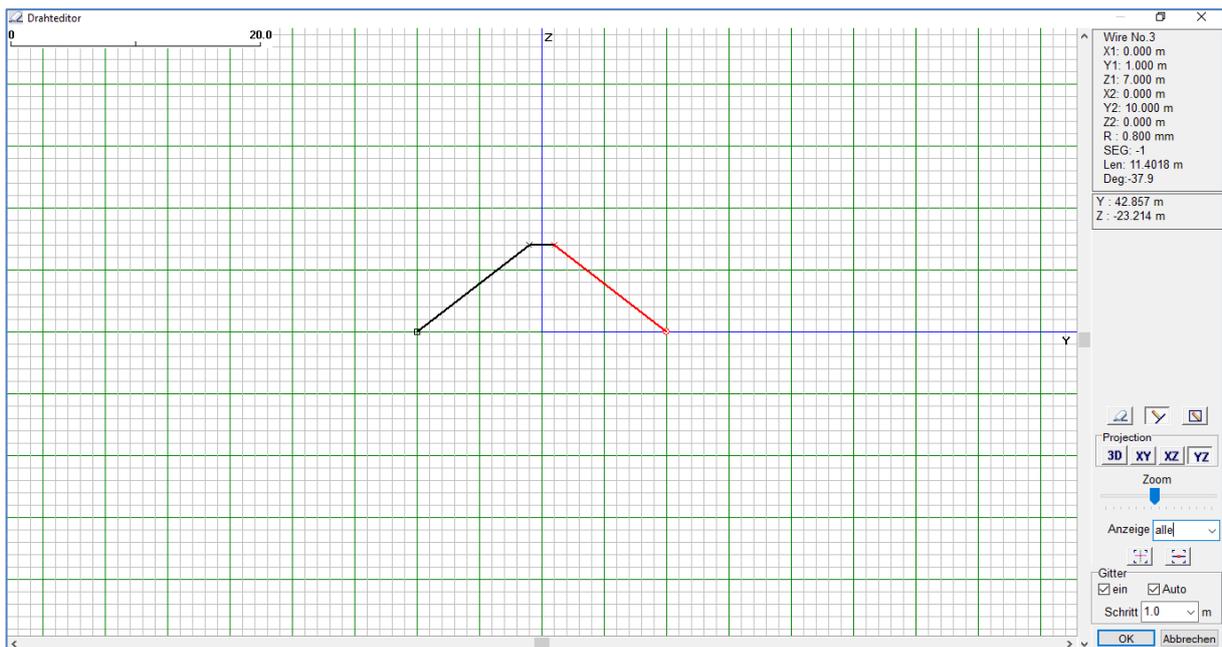
Dann erscheint diese Maske. Durch bewegen des Zoom-Sliders kann der Maßstab (oben links im Bild) geändert werden. Die Linien können nur auf dem Raster gezeichnet werden. Das erleichtert das Zeichnen.



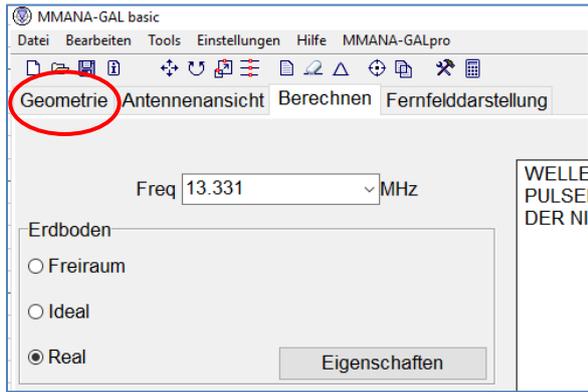
Oder direkt anwählen über den Button „Drahteditor“:



Zeichnen:



Die gezeichneten Drähte erscheinen automatisch in der Darstellung unter 'Geometrie'.

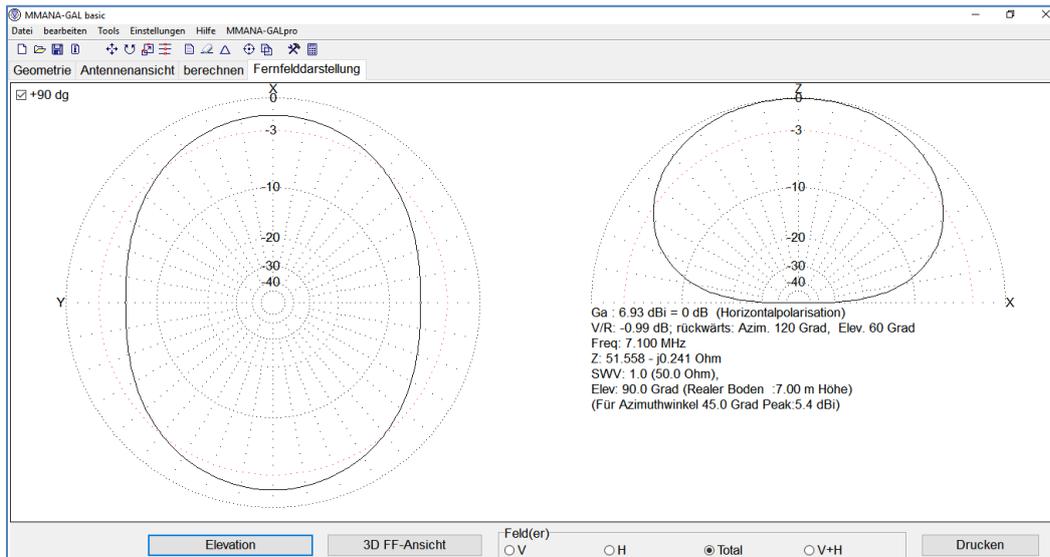


4. Dipol für 7 MHz

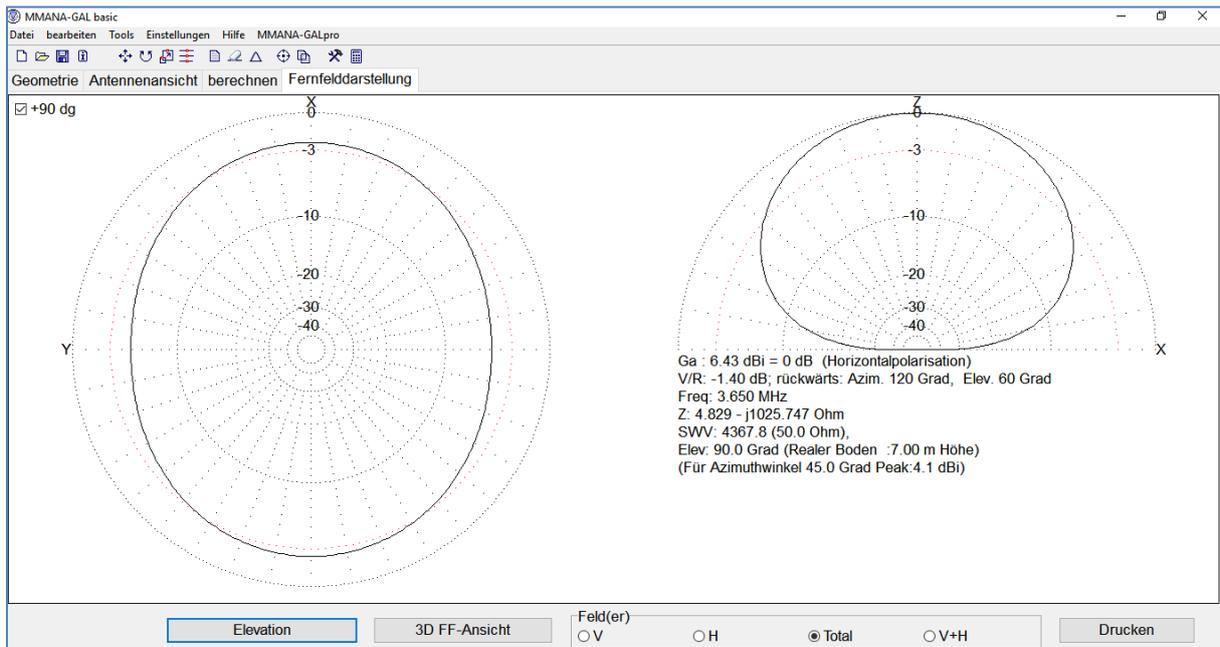
Dipol 7,1 MHz eingeben (20,11 m lang, 1,6 mm Cu-Draht = 0.8 mm Radius, 7 m Höhe, Boden: real),
Festlegen des Speisepunktes: In 'Antennenansicht' Strahlerelement mit der Maus anklicken, rechte
Maustaste, 'Quelle verschieben/hinzufügen zum'/'Mittelpunkt des Drahtes'

'Berechnen', 'Start' drücken. Die Antenne wird simuliert.

Ansicht 'Felddarstellung'



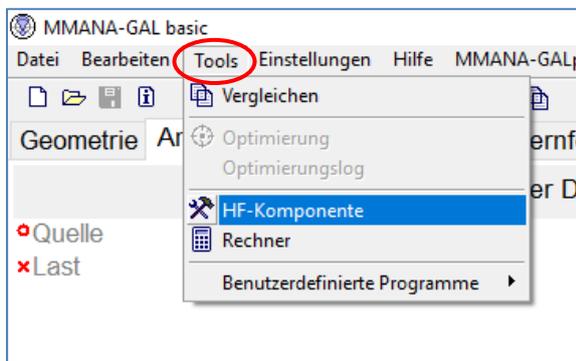
Diesen 20m langen '40m-Dipol' (aus 2.) für 3.65 MHz berechnen:



Der ist jetzt fehlangepasst.

Elektrisch auf 3,65 MHz anpassen:

'Tools/HF-Komponente' wählen



oder direkt  drücken.

Dann erscheint das nachfolgende Bild.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Fehlanpassung zu kompensieren:

a. LC-Anpassung:

HF-komponente

Resonanz Spule **LC-Anpassung** Leitungstransformator Stichleitung Linie als L- oder C

Freq. 3.65 MHz

Schaltung
 C parallel
 C seriell

Speiseleitung 50.0 Ohm

L = 45.37 uH

1040.52 Ohm

C = 2667.1 pF
-16.35 Ohm

R 4.83 Ohm

jX -1025.75 Ohm

Abbrechen

Durch Einsatz einer Spule von 45,37 Mikrohenry und einem Kondensator von 2667 pF wird diese Antenne auf 80 m angepasst.

b. Stichleitung:

HF-komponente

Resonanz Spule LC-Anpassung Leitungstransformator **Stichleitung** Linie als L- oder C

ZL

R 4.83 Ohm

X -1025.75 Ohm

Leitung einstellen

Zo 50.0 Ohm

Vf 0.66

tune

F 3.65 MHz

Zi 50.0 Ohm

Zi → Zo ZL

L1

L2

Lösung 1

L1 = 0.2398lw (1299.9 cm)

ZS = 0.01-j0.77 Ohm

XS = 0.77 Ohm (0.03 uH)

L2s = 0.0024 lw (13.3 cm)

L2o = 0.2524 lw (1368.5 cm)

Zi = 51.69+j0.00 Ohm

SWR : 1.03

Lösung 2

L1 = 0.2447lw (1326.5 cm)

ZS = 0.01+j0.77 Ohm

XS = -0.77 Ohm (0.0 pF)

L2s = 0.4975 lw (2697.2 cm)

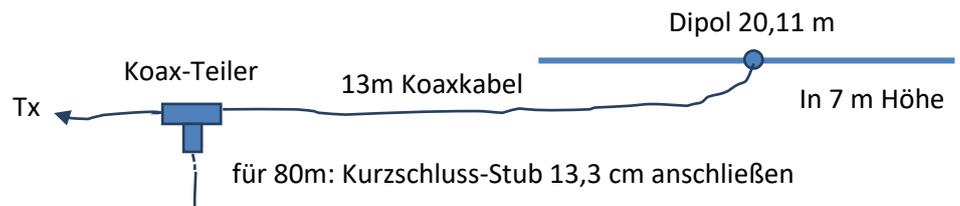
L2o = 0.2475 lw (1341.9 cm)

Zi = 51.83+j0.00 Ohm

SWR : 1.04

Abbrechen

Wenn man eine 12,99 m lange Zuleitung verwendet und diese bei 80 m am TX mit einem 13,3 cm langen am Ende kurzgeschlossenen Stück Koaxialkabel abschließt, erhält man auch 50 Ohm.



5. 2-Element-Yagi für 144 MHz

Eine 2-Element-Yagi für 144 MHz konstruieren, 4 mm Alu-Schweißdraht, berechnen, optimieren:

Optimierung

Werte eingeben

keine Angabe (einfacher Scan.)

Verstärkung F/B Elev. jX SWV Anpassung Strom

Schritte in absoluten Werten Auflösung 2 Grad anzeigen

Nr.	Typ	Position	was	verbunden	Schritt	Min	Max	Wert
1	Eleme.	1	Y	0	0.002	0.0	2000.0	0.984
2	Eleme.	2	Y	0	0.001	0.0	2000.0	0.963
next								

Anschließend kann man die Antenne 4-fach stocken (rote Markierung):

MMANA-GAL basic

Datei bearbeiten Tools Eingabe Hilfe MMANA-GALpro

Geometrie Antennenansicht berechnen Fernfelddarstellung

Freq. 145.000 MHz

SEGMANTANZAHL = 344
DER NIEDRIGSTE PUNKT DER ANTENNE = 3.050 M
FILL MATRIX...
FACTOR MATRIX...
QUELLE U (V) I (mA) Z (Ohm) SWV

Erdboden

Freiraum

Ideal

Real

Eigenschaft

Höhe 5.00

Material ohne Verluste

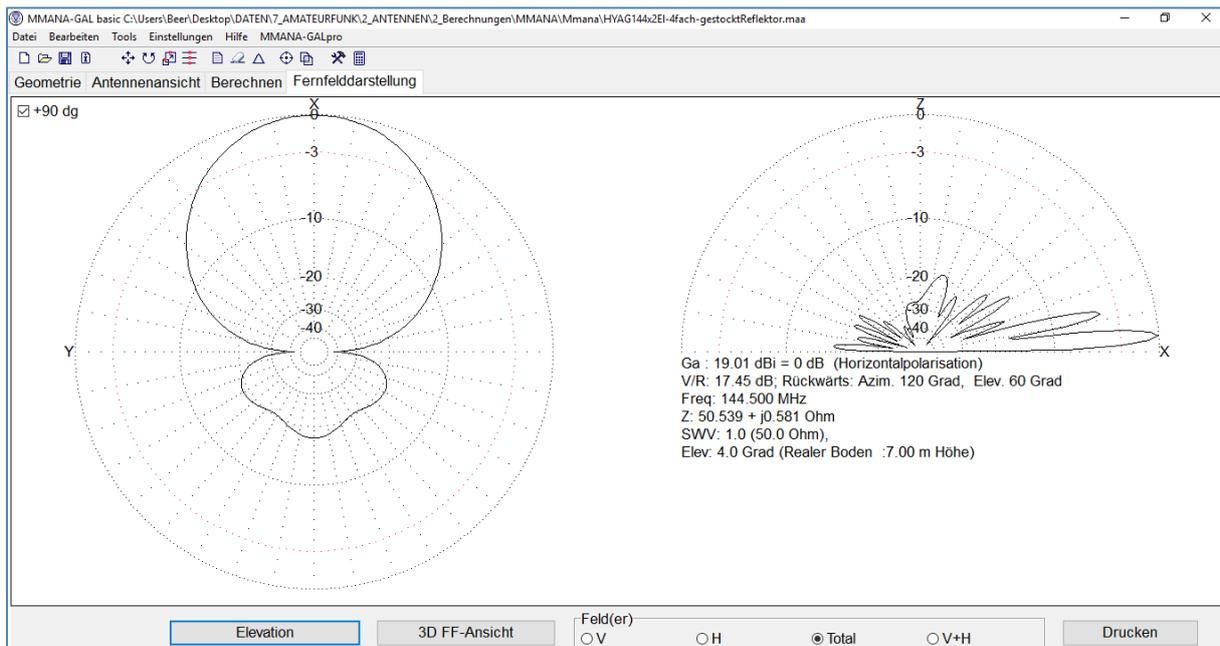
Nr.	f (MHz)	R (Ohm)
4	145.0	55.71
3	145.0	53.9
2	145.0	50.08
1	14.15	0.371

hor. Abstand = vert. Abstand
 ein - in Lambda, aus - in Meter

neue Beschreibung als neue Antenne definieren

Boden	Höhe	Polar.
real	5.0	hori.

Das ergibt folgende Strahlungscharakteristik:



Jetzt kann man noch den Stockungsabstand optimieren:

‘Berechnen’/‘Optimierung’/

Optimierung

Werte eingeben

Keine Angabe (einfacher Scan.)

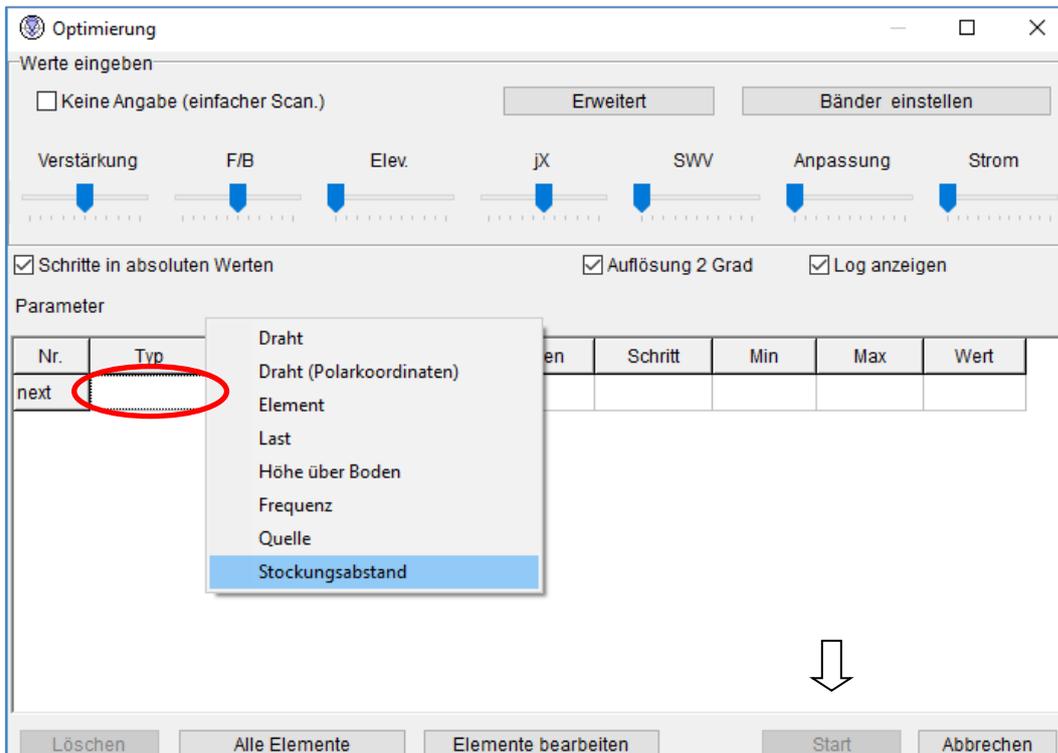
Verstärkung F/B Elev. jX SWV Anpassung Strom

Schritte in absoluten Werten Auflösung 2 Grad Log anzeigen

Parameter

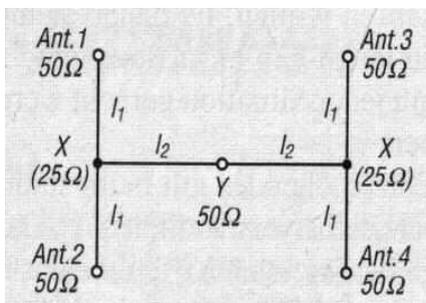
Nr.	Typ	Position	Was	Verbunden	Schritt	Min	Max	Wert
1	Eleme.	1	Y	0	0.002	0.0	2000.0	1.0112
2	Eleme.	3	Y	0	0.001	0.0	2000.0	0.95132
3	Eleme.	3	Int.	0	0.003	0.0	2000.0	0.37735
next								

Die Eintragungen in der Tabelle löschen: Mit der **linken** Maustaste neben Nr. 1 ‘Eleme.’ anwählen, rechte Maustaste ‘löschen’. Mit jedem Eintrag wiederholen, bis die Tabelle leer ist. Jetzt mit linker Maustaste in das leere Feld unter ‘Typ’ klicken,



Dann kommt eine Auswahl an Optimierungsaspekten, 'Stockungsabstand' anwählen. Dann 'Start' drücken. Jetzt optimiert MMANA den Stockungsabstand. Achtung: MMANA findet immer nur das nächstliegende Optimum. Eventuell mit anderen Anfangs-Stockungsabstand die Optimierung wiederholen.

Zusammenschalten von 4 Yagis



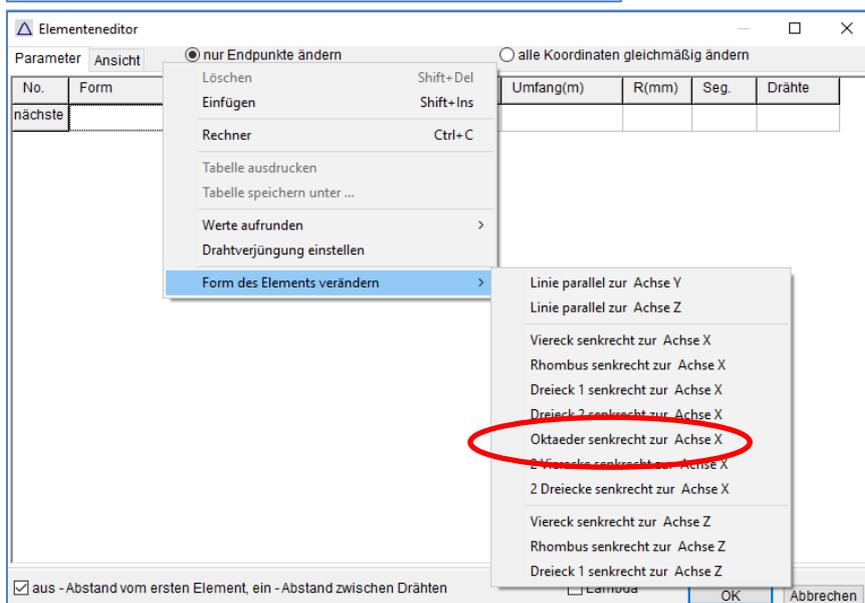
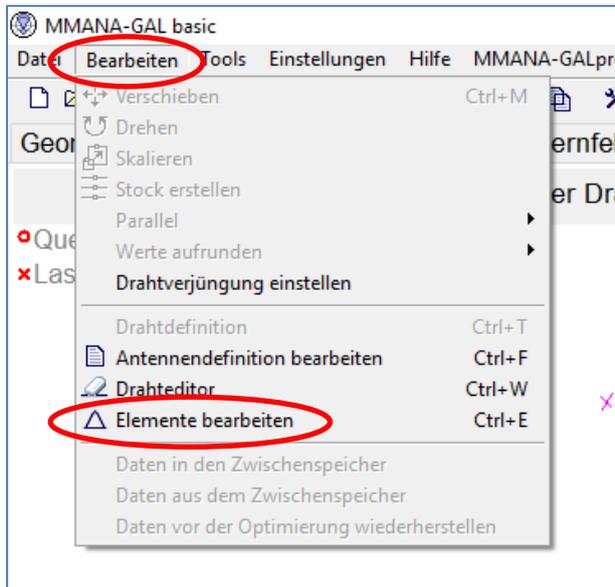
Zusammenschalten von 4 Yagis, dabei sind die **Längen l_1** beliebig, alle vier Kabel (50-Ohm-Koax) müssen aber gleichlang sein. Die Kabel mit der **Länge l_2** bestehen ebenfalls aus 50-Ohm-Koax, aber $\lambda/4$ lang (unter Beachtung des Verkürzungsfaktors, für RG58 = 0,66) oder ungeradzahlige Vielfache.

Aus: <http://www.qsl.net/dk7zb/5-el-2m/5Element.htm>

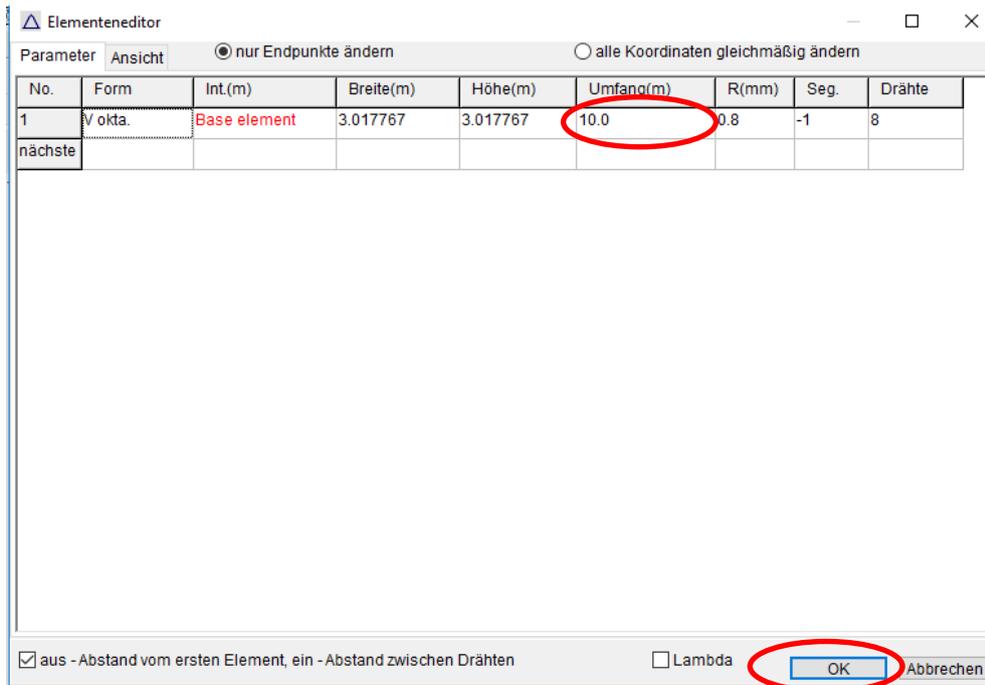
6. Wendelantenne zeichnen, auf 20 m anpassen

Ein kreisrundes Element kann man mit MMANA nicht zeichnen. Es genügt aber ein Polygon. Das ist bereits fertig im Programm enthalten (in der neuesten Version von MMANA 3.5.3.65 scheint diese Funktion nicht zu gehen):

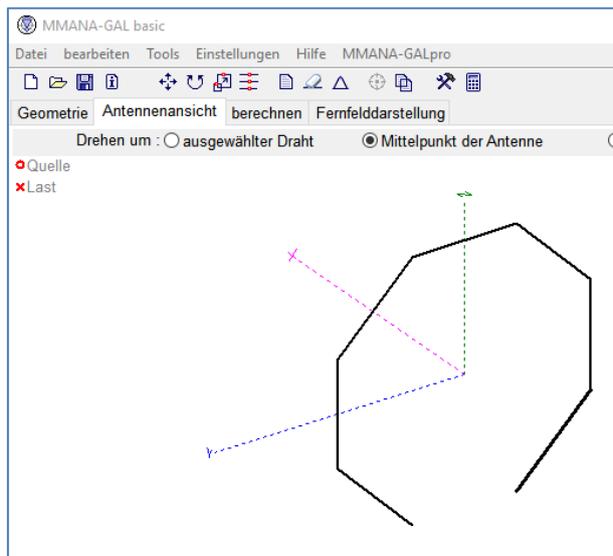
Dazu unter 'bearbeiten' / 'Elemente bearbeiten' / 'Form des Elements verändern' / 'Oktaeder ...' drücken.



gewünschten Zahlenwert eingeben (z.B. = 10 m), 'ok' drücken.



Drahteditor  öffnen, einen Draht entfernen. Es zeigt sich folgendes Bild:



Erst drehen wir den Oktaeder, indem wir den Button  betätigen. Wählen 'um die z-Achse drehen', 'ok' drücken. '

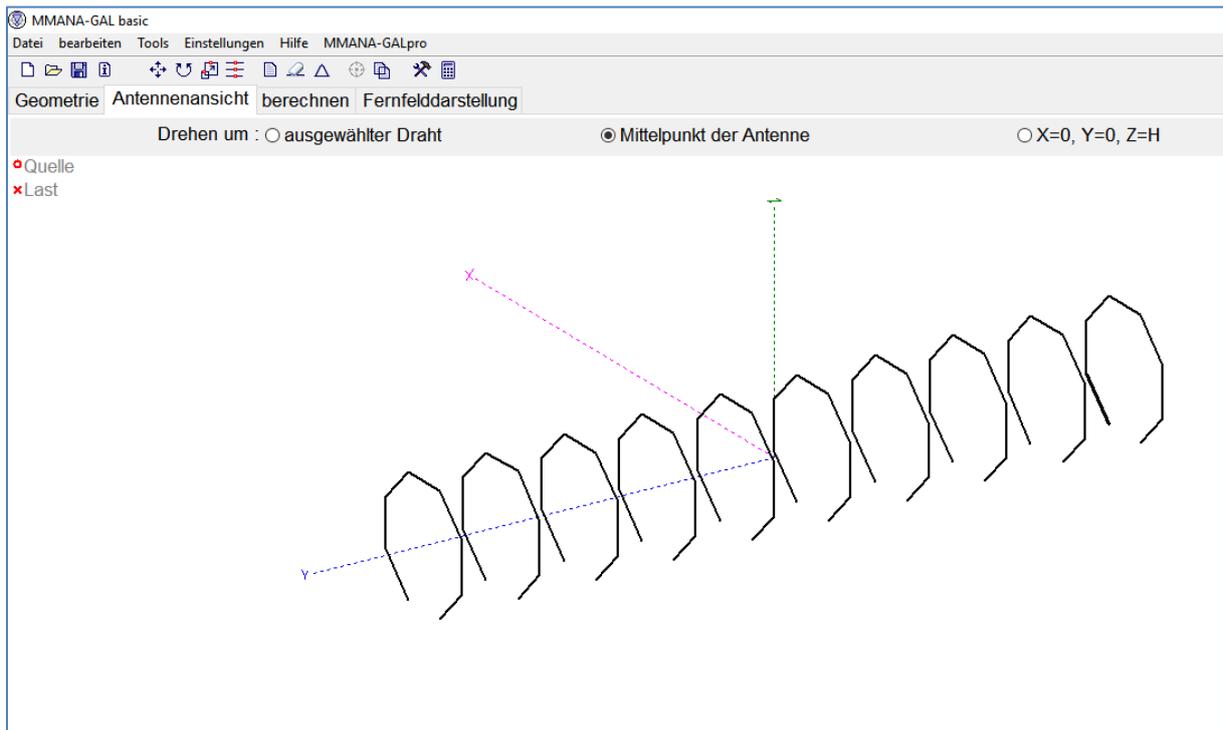
Jetzt den Button 'Stockung'  betätigen.

Die Antenne soll für 20m resonant sein.

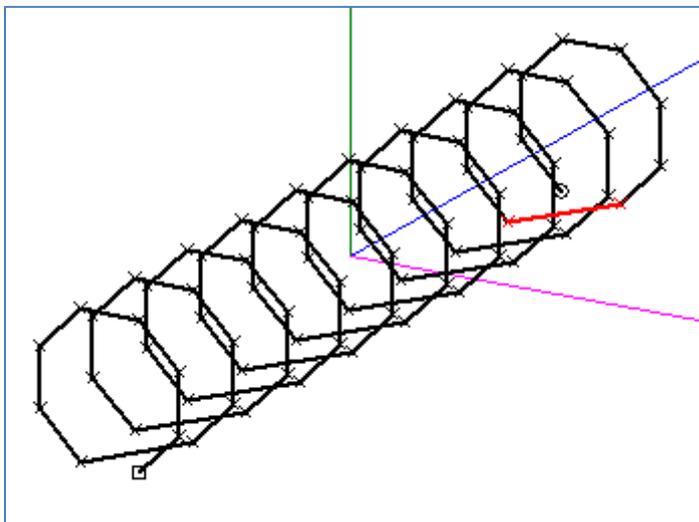
Rechnen wir: Bei 1 m Umfang einer Windung brauchen wir ca. 10 Windungen für 10m Antennendrahtlänge ($= \lambda/2$). Also wählen wir bei 'Anzahl der horiz.' = 10.

Wir nehmen das Häkchen bei 'ein - in Lambda, aus - in Meter' heraus. Jetzt gilt die Zahl in Meter und wir tragen 0.2 als 'hor. Abstand' ein und drücken 'Stockung erstellen'.

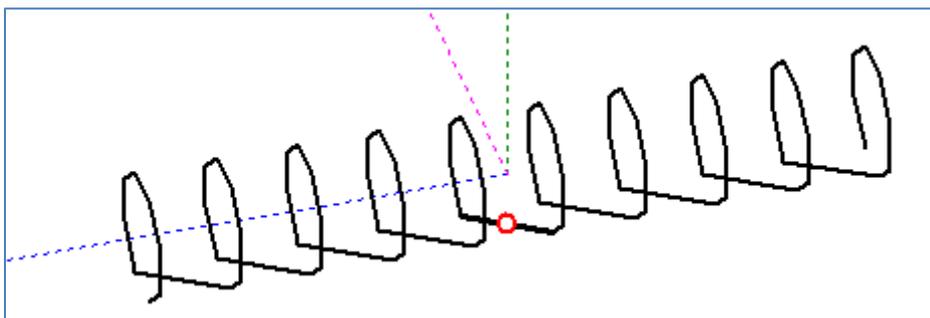
Die Antenne ist jetzt 2 m lang. Dazu sehen wir folgendes Bild:



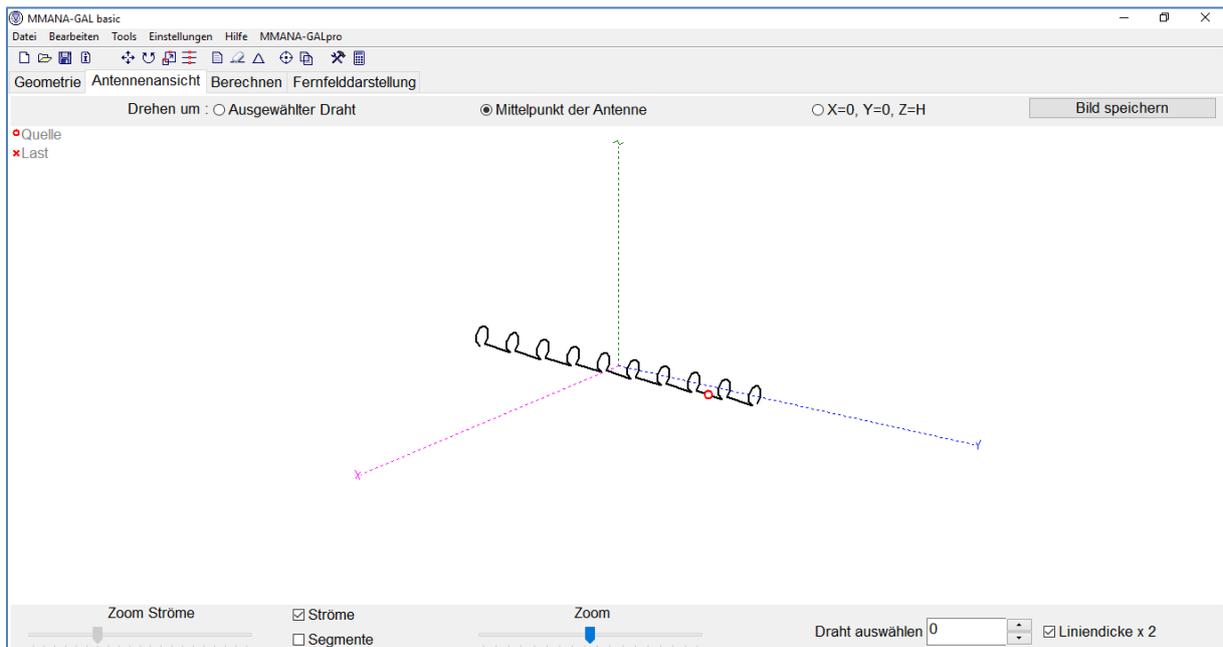
Wir gehen wieder in 'Stockung erstellen'  und betätigen den Button 'neue Beschreibung als neue Antenne definieren'. Im Antwortfeld 'ja' drücken. Jetzt wieder auf den Drahteditor  gehen, **3D** wählen,  Stift auswählen und die fehlenden Verbindungen einfügen:



Mit 'ok' zurück in die Standardansicht und noch die Quelle einfügen:



Durch die Wendelung wird der Speisepunktwiderstand viel kleiner als 50 Ohm. Wenn man die Quelle weiter außen platziert, so erhöht sich der Speisepunktwiderstand wieder. Allerdings geht das auf Kosten der Bandbreite.



6. Tipps und Tricks

1. Werte aufrunden

Unter 'Bearbeiten' kann man '**Werte aufrunden**': z.B. 2-5 Stellen nach dem Komma. Damit kann man einfachere Werte für die Abmessungen erzielen.

2. Maßstabsgrenze im Editor ändern

Manchmal kommt man im Editor-Modus bei kleinen Antennenabmessungen an die **Maßstabsgrenze**. Die angebotenen Kästchen für einen kleineren Maßstab funktionieren nicht. Dann einfach mal in den Ansichtsmodus wechseln und wieder zurück in den Editormodus. Das Programm hat dann den kleinsten Maßstab eingestellt. Jetzt kann man mit dem Zoom-Einsteller den gewünschten Maßstab einstellen.

3. Balken zum Verschieben der Antenne ist am Anschlag

Wenn im Modus „Drahteditor“ die **Balken zum Verschieben der Antenne am Anschlag** sind, drückt man mit dem Mauszeiger auf den Zoom-Schieber. Dann rückt der Verschieberegler wieder in die Mittellage und man kann jetzt den Balken weiter verschieben.

4. Antenne grob entwerfen, dann optimieren

Beliebige **Antenne** mit etwa an der gewünschten Wellenlänge orientierten Maßen im **Editor grob konstruieren, berechnen und dann optimieren**. Jetzt in den Graphik-Modus wechseln und die Resonanzfrequenz ermitteln. Diese nun in der Normalansicht oben rechts als Basisfrequenz eintragen. Diese wird automatisch in das Frequenzfeld zum Berechnen übernommen. Einmal berechnen. Damit müsste der Blindanteil gegen Null sein. Jetzt unter Frequenzanpassung  die gewünschte Resonanzfrequenz eintragen. Neu berechnen. Das müsste in etwa dann passen.

5. Antennen-Grundformen

Das Programm bietet vorgefertigte **Antennen-Grundformen** an. Man geht in der obersten Zeile der Eingangsseite auf bearbeiten/Elemente bearbeiten und erhält das Eingabefeld für den Antenneneditor. Jetzt mit dem Cursor in der Spalte 'Form' in die freie 1. Zeile gehen -> rechte Maustaste -> Form des Elements verändern wählen. Jetzt bietet das Programm eine Reihe von Grundformen an. Wir wählen z.B. 'Oktaeder zur Achse X'. Jetzt 'ok' drücken und zurück in die Normalansicht. Jetzt sehen wir eine 8-eckige Loopantenne. Die Größe kann man dann mit der Skalierungsfunktion verändern.

6. Mehrfachverwendung wiederkehrender Konstruktionsdetails

Will man ein **wiederkehrendes Konstruktionsdetail** nicht ständig wiederholt zeichnen (z.B. Wendelantenne), so kann man mit Hilfe der Stockungsfunktion es sich einfacher machen: Man zeichnet das Detail so, dass ein zur wiederkehrenden Form notwendiger Draht weggelassen wird. Damit kann man durch Angabe des korrekten Stockungsabstandes diese Form jetzt beliebig oft über- oder nebeneinander wiederholt werden. Zum Schluss betätigt man den Button „Neue Beschreibung als neue Antenne definieren“, dann entsteht das Gerüst der neuen Konstruktion. Jetzt muss man nur noch im Editormodus die fehlenden Verbindungsdrähte einzeichnen, am besten im 3D-Modus.

7. Windomantenne für mehrere Bändern optimieren

Man kann z.B. eine **Windomantenne sehr komfortabel über alle gewünschten Bänder auf minimalen Blindwiderstand optimieren**: Optimierung/ Bänder einstellen -> jX-Slider ganz nach rechts und alle anderen nach links schieben. Jetzt 'Alle Elemente/ Start' wählen und dann in die Felddarstellung wechseln. Jetzt sieht man nacheinander für jede der eingestellten Frequenzen die Strahlungscharakteristik.

The screenshot shows the MMANA-GAL basic software interface. The main window displays a table of parameters for an antenna. The 'Optimierung' dialog box is open, showing the 'Bänder einstellen' (Band Settings) section. The 'Bandeinstellungen' dialog box is also open, showing a table of band settings.

Nr.	F (MHz)	Quelle 1	Phase 1	Spann. 1	Quelle 2	Phase 2	Sp
1	14.15	w2c	0.0	1.0			
2	7.1	w2c	0.0	1.0			
3	21.2	w2c	0.0	1.0			
4	28.4	w2c	0.0	1.0			

8. Optimierungsziel festlegen

Wir sind geneigt, eine Richtantenne immer nach bestem Gewinn zu optimieren. Besser ist es aber sie **nach bestem V/R zu optimieren!** Warum? Eine Antenne empfängt sowohl ein Nutzsignal, aber auch Rauschen. Das Nutzsignal kommt i.d.R. nur von vorne. Das Rauschen kommt aber von vorne und von hinten. Als Beispiel: Eine 2-El. Yagi-Antenne für 2m in 7m Höhe, die auf maximalen Gewinn optimiert wurde, hat einen Elementabstand (Boomlänge) von 44 cm, einen Gewinn von 12,4 dBi und ein V/R von 6,4 dB. Wird die gleiche Antenne auf max. V/R optimiert, so erhält man einen Gewinn von 11,9 dBi und ein V/R von 10,9 dB. Damit bekomme ich zwar ein um 0,5 dB geringeres Nutzsignal, aber gleichzeitig ein um 4,5 dB geringeres Rauschen. D.h. mein **Rausch-/Signalverhältnis verbessert sich um 4,0 dB**. Gleichzeitig hat die V/R-optimierte Antenne sogar eine um 20 % kürzere Boomlänge.

9. Elemente/Drähte bei der Optimierung ausblenden

Beim **Optimieren** einer Antenne kann man einen oder mehrere Drähte unverändert belassen (z.B. Reflektor f. 2 m = wegen vorhandener 1 m langer Schweißdrähte). Dazu wählt man im Ausgangsmenü den Button „Optimierung“ und dann „alle Elemente“. Hier werden die einzelnen Elemente und die Abstände untereinander dargestellt. In der Spalte „was“ bedeutet „int.“ den Abstand der Elemente vom nächsten. Über die Einträge im Feld „Wert“ kann man die Länge der Elemente sehen und damit sie eindeutig identifizieren. Man sucht sich die Elemente heraus, die nicht verändert werden sollen: Mit linker Maustaste in einer Spalte der zugehörigen Zeile anklicken und anschließend mit der linken Maustaste den Button „Löschen“ betätigen. Die Zeile wird gelöscht, aber nicht der Draht aus der Konstruktion selbst. Er wird jetzt nicht mehr bei der Optimierung verändert.

The screenshot shows the MMANA-GAL software interface. The main window has a menu bar with 'Geometrie', 'Antennenansicht', 'Berechnen', and 'Fernfelddarstellung'. The 'Berechnen' menu is circled in red with a '1'. Below the menu, there are input fields for 'Freq' (145), 'Höhe' (1.50), and 'Material' (Alu Rohr). A table of elements is visible, with the 'Wert' column circled in red with a '4'. The 'Optimierung' window is open, showing a table of parameters and a 'Löschen' button circled in red with a '3'. The 'Optimierung' button in the main window is circled in red with a '2'.

Nr.	Typ	Position	Was	Verbunden	Schritt	Min	Max	Wert
1	Elеме.	1	Y	0	0.002	0.0	2000.0	1.0
2	Elеме.	2	Y	0	0.001	0.0	2000.0	0.99
3	Elеме.	2	int.	0	0.005	0.0	2000.0	0.99
4	Elеме.	3	Y	0	0.001	0.0	2000.0	0.99
5	Elеме.	3	int.	0	0.003	0.0	2000.0	0.319
next								

Nr.	F (MHz)	R (Ohm)
16	145.0	38.53
15	145.0	36.38
14	14.05	57.13
13	13.95	58.96
12	14.05	57.13
11	7.15	60.79
10	7.137	60.05
9	7.167	61.8

10. Das Antennenverhalten über einen großen Frequenzbereich

Will man für eine **Antennenkonstruktion** erst mal einen **Überblick über den Speisepunktwiderstand** bekommen (bei welchen Frequenzen überhaupt Resonanzen bestehen), so bedient man sich der Funktion unter „Datei“ „F/R/jX Daten (*nwl)“.

Nr.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh
1	7.05	93.19	-1.883	1.86	---

Anwahl eines oder mehrerer Bänder:

Bänder

- 1.8 - 2.0
- 3.5 - 3.8
- 7.0 - 7.1
- 10.1 - 10.15
- 14.0 - 14.35
- 18.05 - 18.2
- 21.0 - 21.45
- 24.85 - 25.0
- 28.0 - 29.7
- 50.0 - 51.0
- 144.0 - 146.0

Schritte **11**

Starte benutzerdefinierte Programme

Berechnen Speichern Löschen Schließen

Doppelklick auf das gewählte Band:

F/Z Mehrband

Bänder

- 1.8 - 2.0
- 3.5 - 3.8
- 7.0 - 7.1
- 10.1 - 10.15
- 14.0 - 14.35
- 18.05 - 18.2
- 21.0 - 21.45
- 24.85 - 25.0
- 28.0 - 29.7
- 50.0 - 51.0
- 144.0 - 146.0

Schritte **11**

Starte benutzerdefinierte Programme

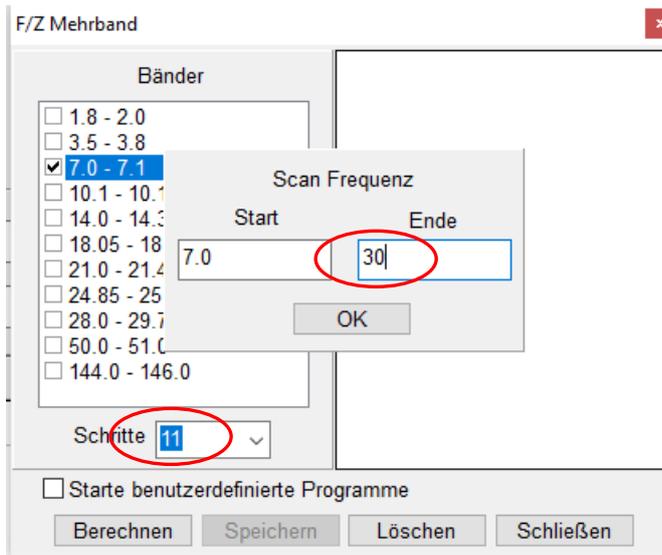
Berechnen Speichern Löschen Schließen

Scan Frequenz

Start: 7.0 Ende: 7.1

OK

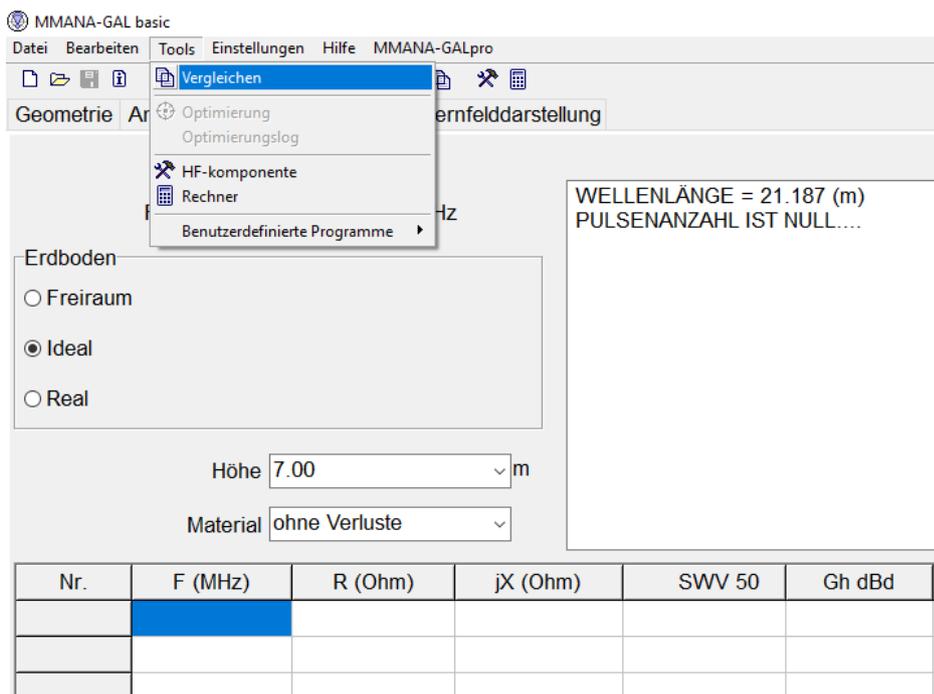
z.B. die Bandgrenze auf 30 MHz setzen:



anschließend noch die gewünschte Anzahl der zu berechnenden Frequenzschritte eintragen und auf 'berechnen' drücken. Die errechneten Daten kann man markieren und kopieren und sie z.B. in Excel wieder einfügen und weiter untersuchen.

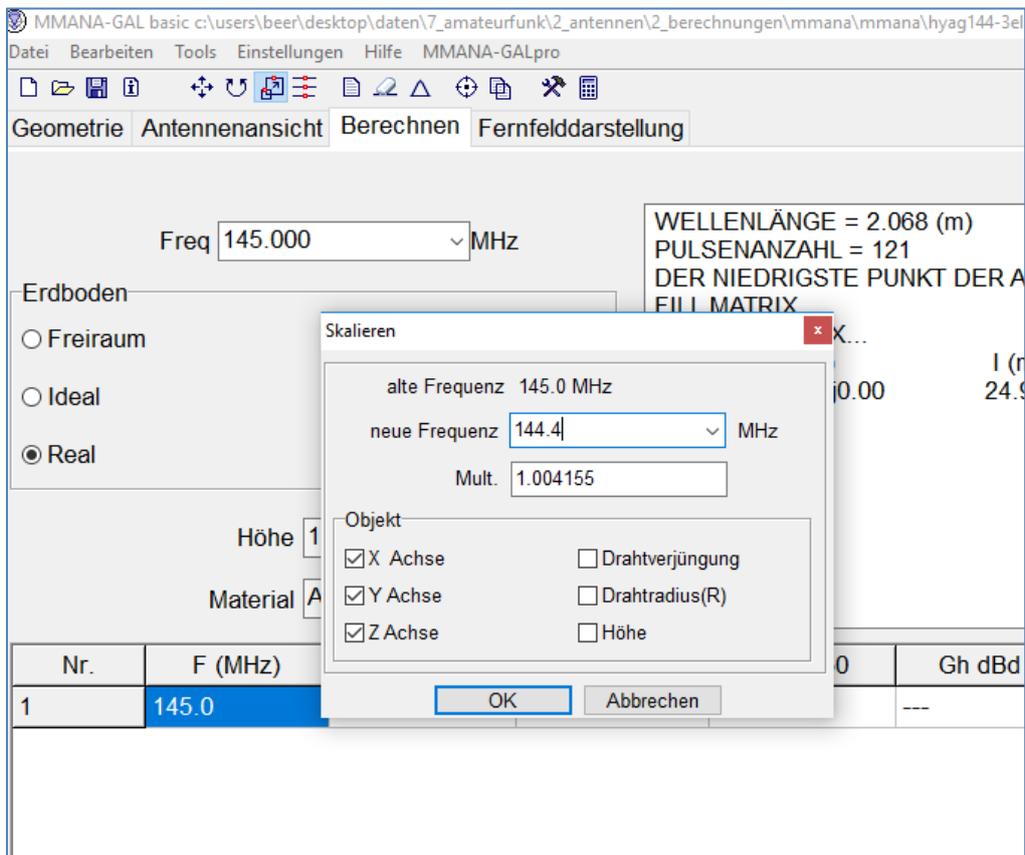
11. Dateiname beim Antennenvergleich

Beim **Antennenvergleich** ist die Spalte für den Namen der zu vergleichenden Antennendatei meist so klein, dass man nur die Pfadbezeichnung lesen kann, vor allem wenn man viele geschachtelte Unterordner hat. Ich habe die Dateien in einem separaten Laufwerk gespeichert. Damit sieht man nur D:\Dateiname und kann jetzt den Dateinamen in der Zeile lesen.



12. Antennenkonstruktion auf andere Frequenzen übertragen

Um eine Antennenidee zu simulieren, zeichnet man die **Antenne** grob in der erwarteten Größe (z.B. bei einer 2 m - Yagiantenne weiß man aus Erfahrung, dass die Elemente etwa Lamdahalbe entsprechen, ca. 1 m. Dann weiß man noch, dass der Reflektor das längste Element darstellt und der vorderste Direktor das kürzeste. Die Abstände wählt man nach Gefühl. So legt man eine Zeichnung im Editor an. Dann geht man auf 'Berechnen'. Jetzt in den Graphik-Modus wechseln und die Resonanzfrequenz ermitteln. Diese nun in der Ansicht 'Geometrie' oben rechts als Frequenz eintragen. Diese wird automatisch in das Frequenzfeld zum Berechnen übernommen. Einmal berechnen. Damit müsste der Blindanteil gegen Null sein. Jetzt unter 'Skalierung' die gewünschte Resonanzfrequenz eintragen (siehe nachfolgendes Bild). Neu berechnen. Das müsste in etwa dann für die gewünschte Frequenz passen, ansonsten diesen Vorgang wiederholen.



Antenne auf andere Frequenz umrechnen

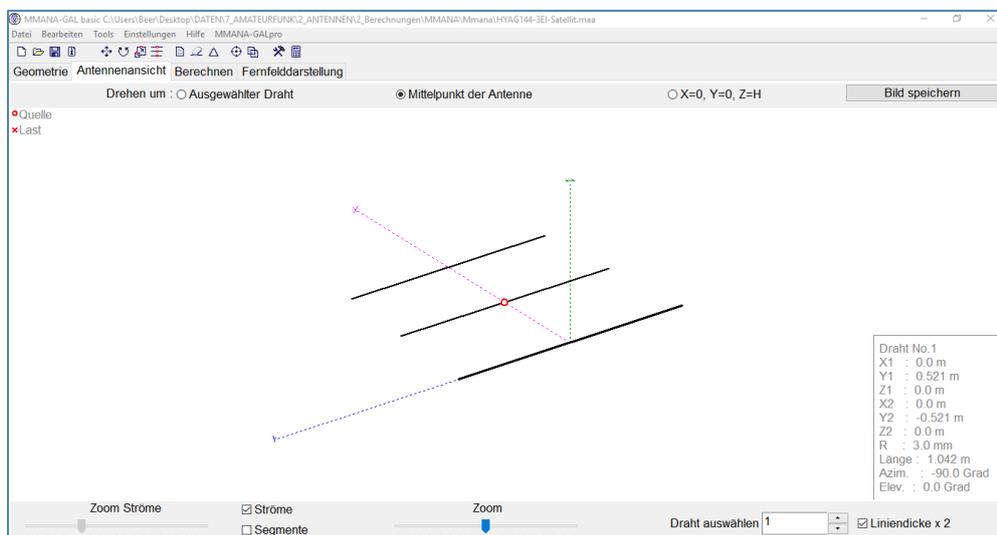
13. Zwei oder mehr Antennenkonstruktionen kombinieren

Will man **zwei bereits berechnete Antennen zu einer kombinierten Antenne zusammenfügen**, geht das nicht auf direktem Wege (z.B. will man bei Kombination einer 2m- und 70cm-Antenne sehen, wie sich die Parameter durch Anwesenheit der zusätzlichen Drähte in dem jeweiligen Band verändern). Die beiden Antennen liegen bereits fertig gerechnet als Dateien vor. Dazu ruft man unter dem Register „Bearbeiten“/ „Antennendefinition bearbeiten“ auf, so sieht man dort die hinterlegten Drahtdefinitionen. Man kopiert diese aus der frequenzniedrigeren Datei. Die darüberstehende Zahl (= Anzahl der Drähte) merkt man sich. Jetzt kopiert man die gespeicherten Drahtdaten auf gleiche

Weise in die frequenzhöhere Antennendatei vor die vorhandenen. Die dort notierte Drahtanzahl erhöht man um den Betrag der hinzugefügten. Wenn man jetzt in den Modus Antennenansicht wechselt, sieht man die zusätzlichen neuen Drähte.

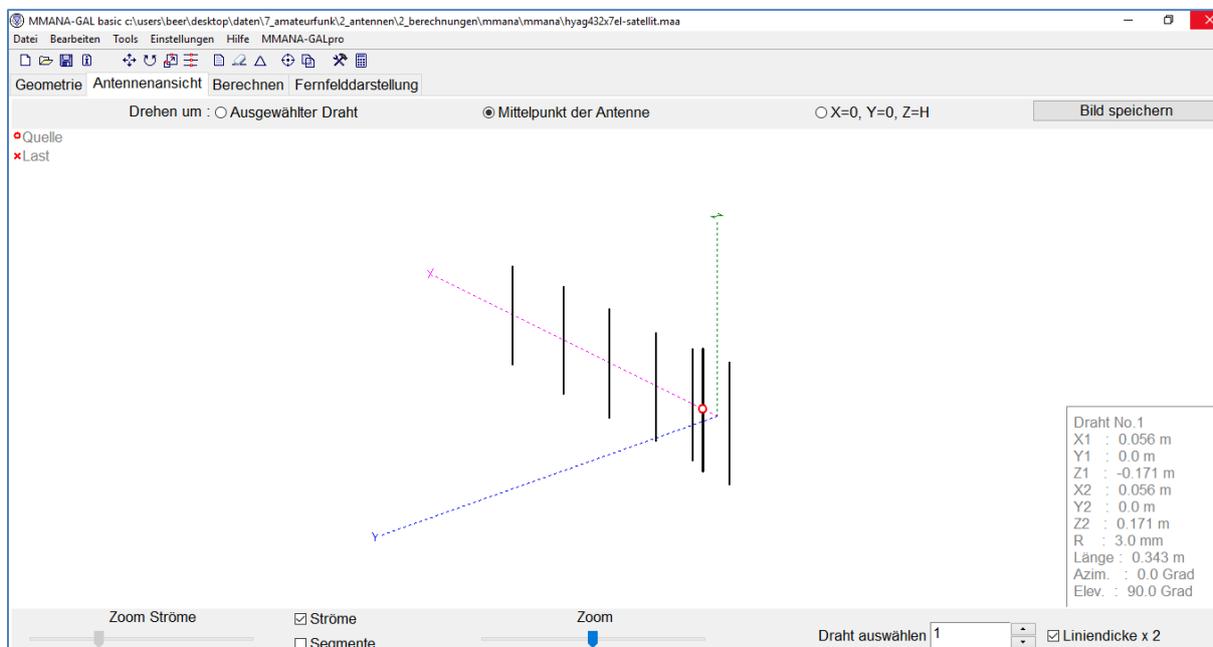
Beispiel: Man möchte für Satellitenfunk eine 2m-3-Element-Antenne mit einer 70 cm–7-Element-Antenne auf einem Boom kombinieren:

Dazu wird die 2 m-Antenne in MMANA konstruiert und optimiert und gespeichert (siehe nachfolgendes Bild).



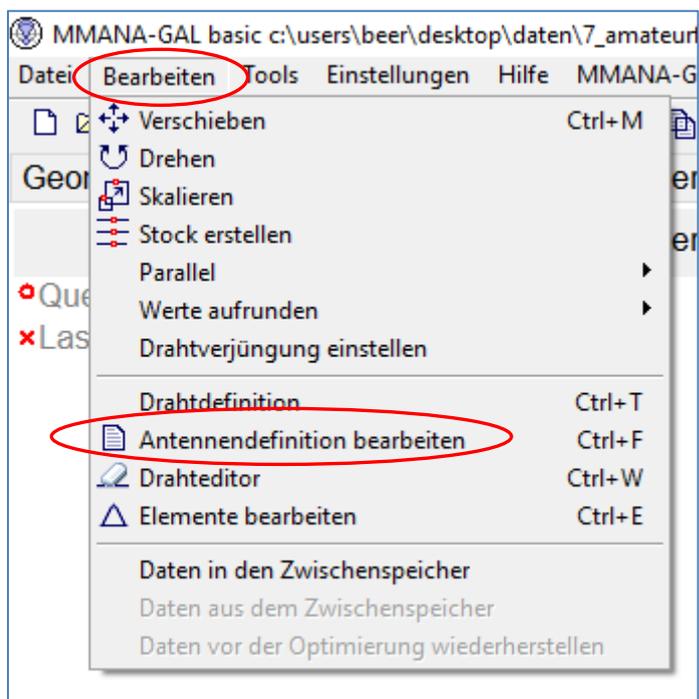
2 m-3-Element Antenne

Anschließend wird die 70 cm-Antenne ebenso konstruiert und gespeichert (siehe nachfolgendes Bild).

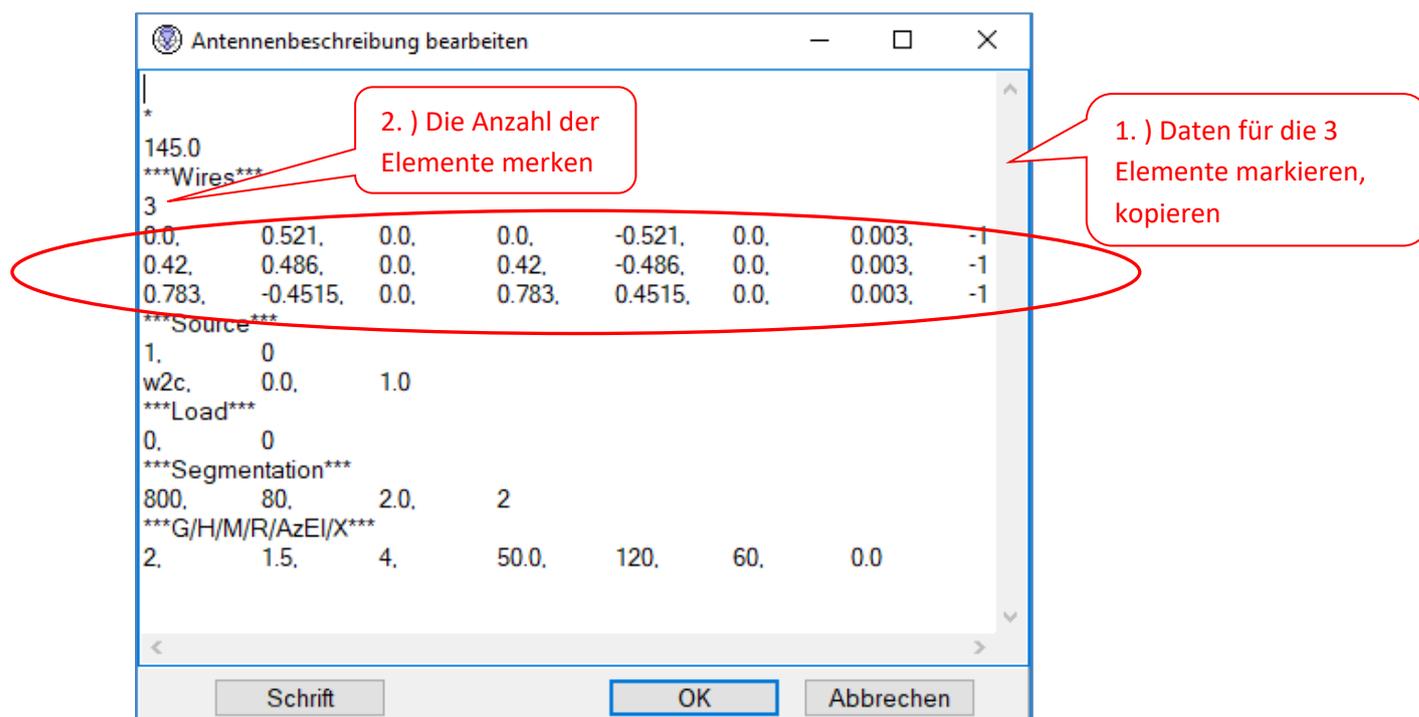


70 cm-7-Element Antenne

Jetzt öffnet man erneut die .maa-Datei für die 2 m – Antenne. Unter Bearbeiten/Antennendefinition bearbeiten erscheinen die Daten der drei Elemente/Drähte (siehe nachfolgende Bilder). Die Daten (siehe übernächstes Bild) markieren und kopieren (rechte Maustaste -> kopieren).

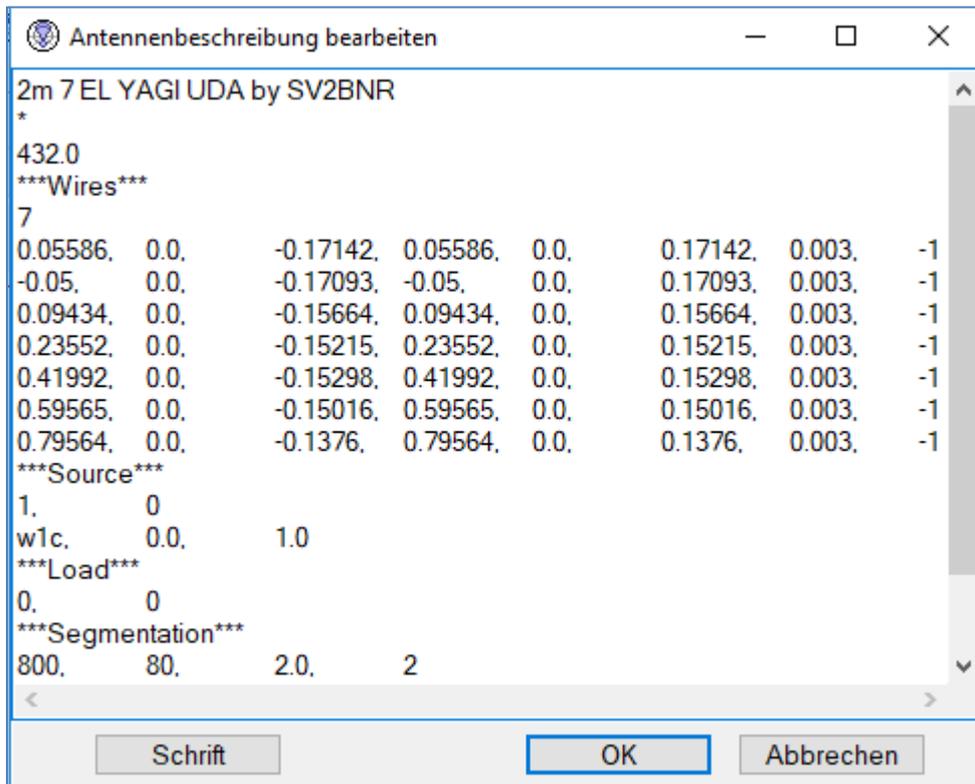


Aufrufen der Antennendefinitionsdaten



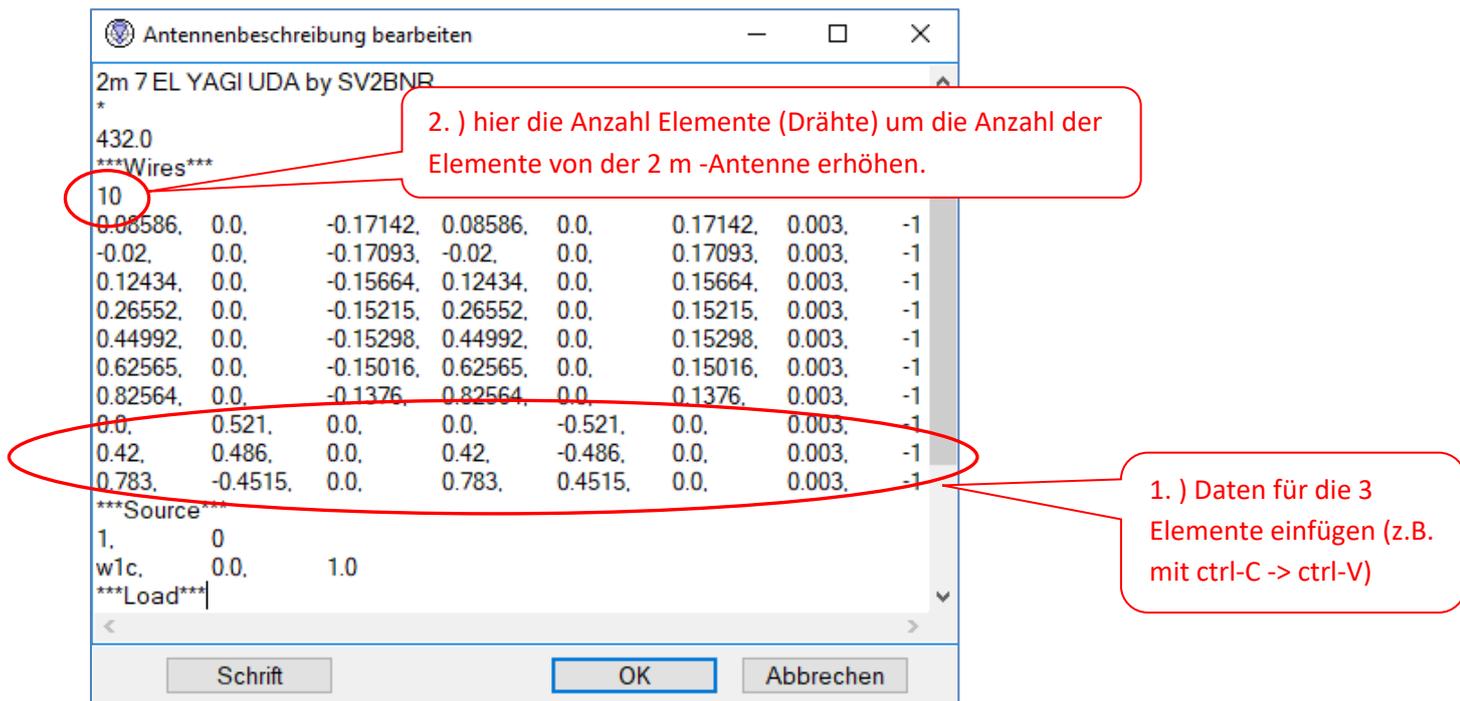
Kopieren der 2m-Antennendefinitionsdaten

Dann ruft man die maa.-Datei der 70 cm-Antenne auf und öffnet die gleiche Stelle.



Aufrufen der Antennendefinitionsdaten der 70 cm-Antenne

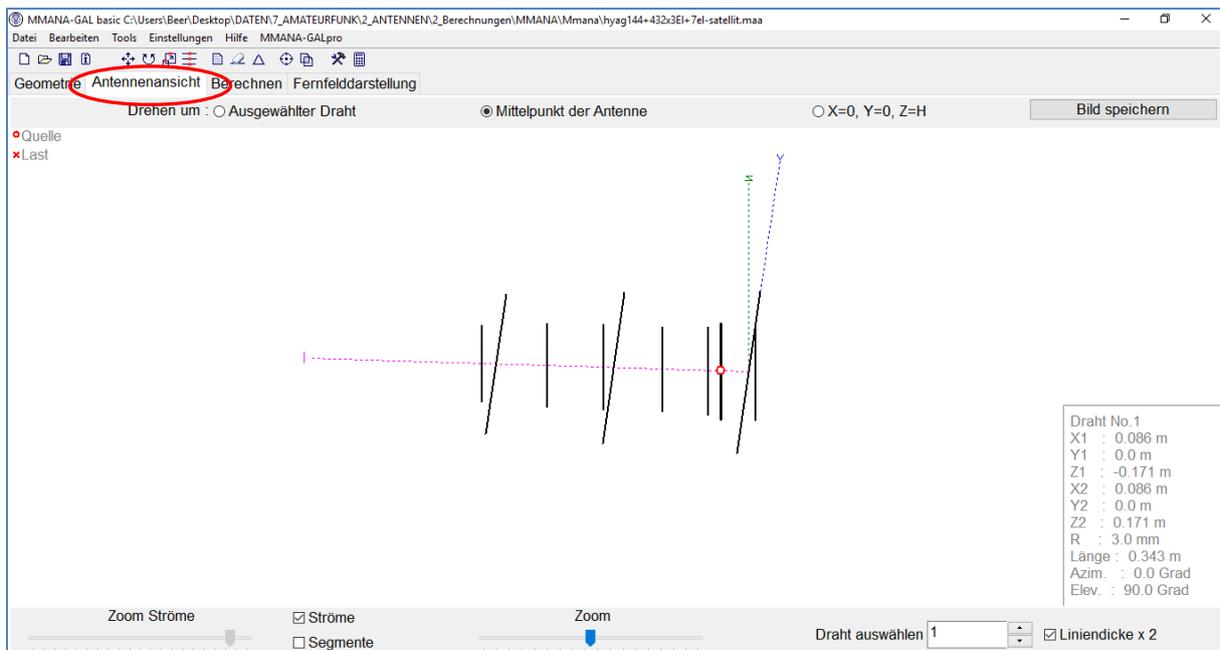
Dann werden die kopierten Daten hier eingefügt.



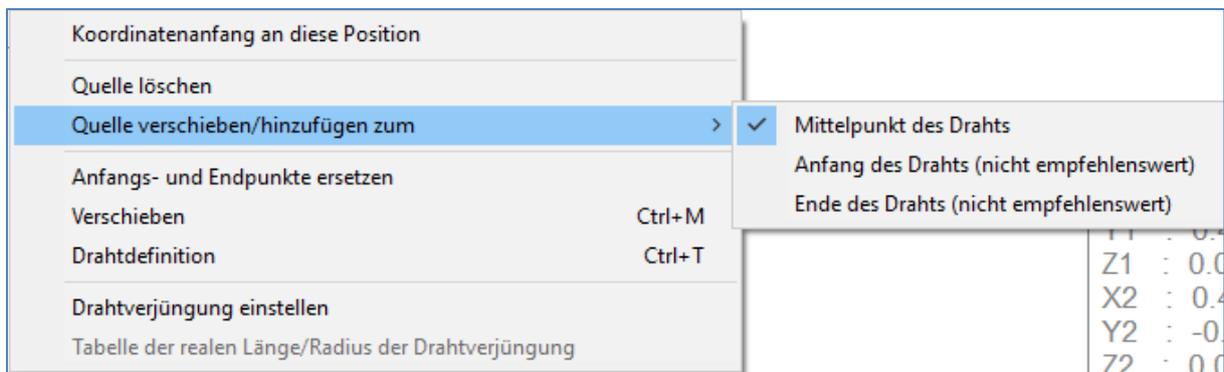
Einfügen der 2m-Antennendefinitionsdaten aus dem Zwischenspeicher in die Antennendefinitionsdaten der 70cm-Antenne

Geht man jetzt auf 'Antennenansicht', so sieht man die kombinierte Antenne (siehe nachfolgendes Bild).

kombinierte 2 m/70 cm-Antenne.



Diese Datei speichert man unter einem neuen Dateinamen ab. Will man die enthaltene 2m-Antenne simulieren, löscht man die Quelle auf dem 70 cm-Strahler und geht man auf das 2 m - Strahlerelement und betätigt die rechte Maustaste. Es erscheint das Menü im nachfolgenden Bild:



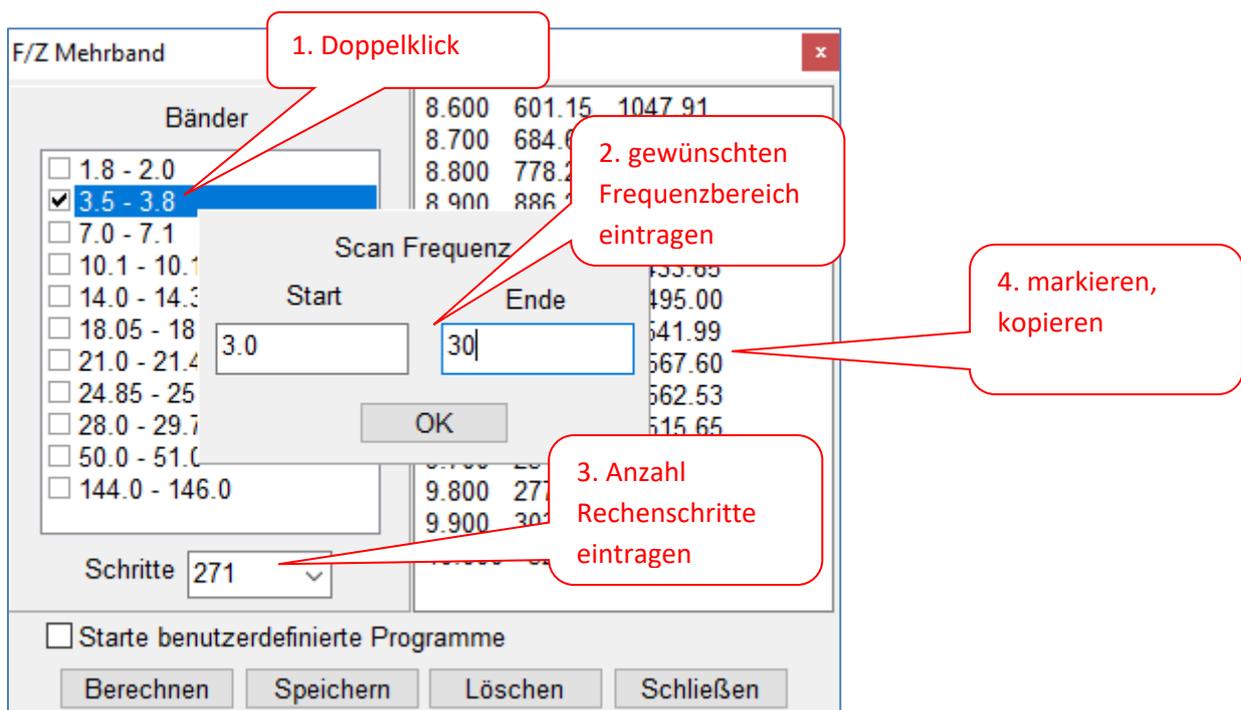
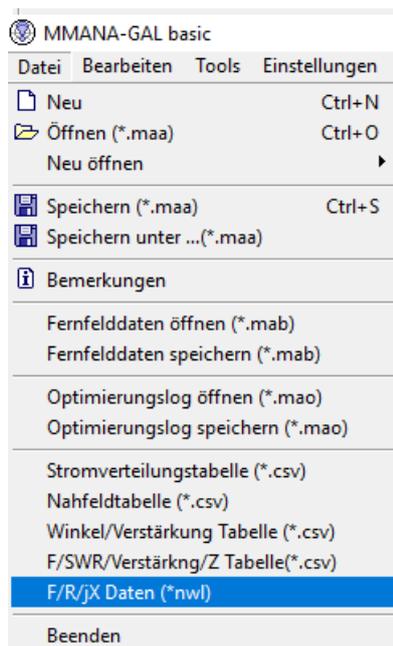
Menü zur Festlegung des Strahlers

Jetzt kann man das Verhalten der 2 m-Antenne unter Anwesenheit der anderen Antenne ermitteln. Wechselt man die Speisung auf den 70 cm Strahler, kann man beobachten, wie sich die übrigen Elemente und das Strahlungsverhalten auf 70 cm verhalten. Das ist besonders kritisch, weil die 2 m - Elemente auf 70 cm mit erregt werden. Da in diesem Beispiel die beiden Antennen senkrecht aufeinander stehen, ist die Beeinflussung minimal. Anders ist es, wenn die Antennen in gleicher Strahlungsebene kombiniert werden.

14. Überblick der Resonanzen in einem großen Frequenzbereich

Will man für eine **Antennenkonstruktion** erst mal einen **Überblick** bekommen, bei welchen Frequenzen überhaupt Resonanzen bestehen, so bedient man sich der Funktion unter „Datei“/ „F/R/jX Daten (*nwl).“

Hier wählt man ein Band und erweitert durch Doppelklick auf die Frequenzangabe den Bereich wie gewünscht. Dann gibt man unten die Anzahl Schritte an und klickt auf 'berechnen'. Die errechneten Daten kann man markieren und kopieren und sie z.B. in Excel wieder einfügen und weiter untersuchen. Würde man den gleichen Bereich unter Berechnen/Graphiken/SWR/detailliert ansehen, wären die z.T. nur schmalen Resonanzbereiche hier nicht zu erkennen. Diese Darstellung ist dann für genauere Untersuchungen geeignet.



15. Vorschlag für die Nomenklatur der Antennendateidaten

Für die Benennung der Dateien in MMANA hat sich folgendes Schema bewährt:

Beispiel: **VCOL-144-5Element-Doppelreflektor.maa**
= Vertikal-Collinearantenne für 144 MHz mit 5 Elementen und einem Doppelreflektor

1. Buchstabe	Ausrichtung
H	horizontal
S	schräg
V	vertikal
X	Sonstiges

-

2-4. Buchstabe -	Antennen-Art
COL	Collinearantenne
DEL	Deltaloop
DIA	Diamond
DIP	Dipol
DZE	Doppelzeppelin
FAL	Faltdipol
GPx	Groundplane
HEN	Hentenna
HEX	HEX-Beam
INV	Inverted-V
Lxx	L-Antenne
MON	Monopol
MOX	Moxon
OBL	Oblong
QUA	Quad
WEN	Wendelantenne
YAG	Yagi

-

ab 5. Zeichen Frequenz in MHz

-

Anzahl Elemente

-

Besonderheiten in Klartext anfügen

Dateiendungen werden automatisch vergeben:

.maa = Antennendatei

.mab = Felddaten

.mao = Optimierungslog

In dieser Datei werden nur die Konstruktionsdaten hinterlegt.

Die frequenzabhängige Berechnung der Antennencharakteristik muss in MMANA gesondert abgespeichert werden. Dazu wählt man Datei/Fernfelddaten speichern (siehe nachfolgendes Bild).

Das Programm übernimmt automatisch den Dateinamen der .maa-Datei. Man kann jetzt aber Veränderungen/Ergänzungen einfügen, z.B. für die Antenne aus dem vorangegangenen Beispiel auch

das Verhalten auf 70 cm simulieren, so kann man für die Felddatendatei z.B. HYAG144x3Elx200Ohmx70cm.mab ergänzen.

The screenshot shows the MMANA-GAL software interface. The 'Datei' menu is open, and 'Fernfelddaten speichern (*.mab)' is selected. The main window displays simulation parameters and a table of antenna characteristics.

Simulation Parameters:

- WELLENLÄNGE = 2.068 (m)
- PULSENANZAHL = 119
- DER NIEDRIGSTE PUNKT DER AN...
- FILL MATRIX...
- FACTOR MATRIX...
- QUELLE U (V) I (mA)
- w2c 1.00+j0.00 25.87
- STRÖME...
- FERNFELD ...
- KEINE FEHLER
- 0.16 sec

Nr.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd
18	145.0	38.53	2.206	1.3	---
17	145.0	36.5	2.302	1.38	5.97
16	145.0	38.53	2.206	1.3	---
15	145.0	36.38	0.5559	1.37	---
14	14.05	57.13	0.6612	1.14	---
13	13.95	58.96	-17.54	1.43	---
12	14.05	57.13	0.6612	1.14	---

Abspeichern der Antennencharakteristik (Fernfelddaten)

16. Segmentierung

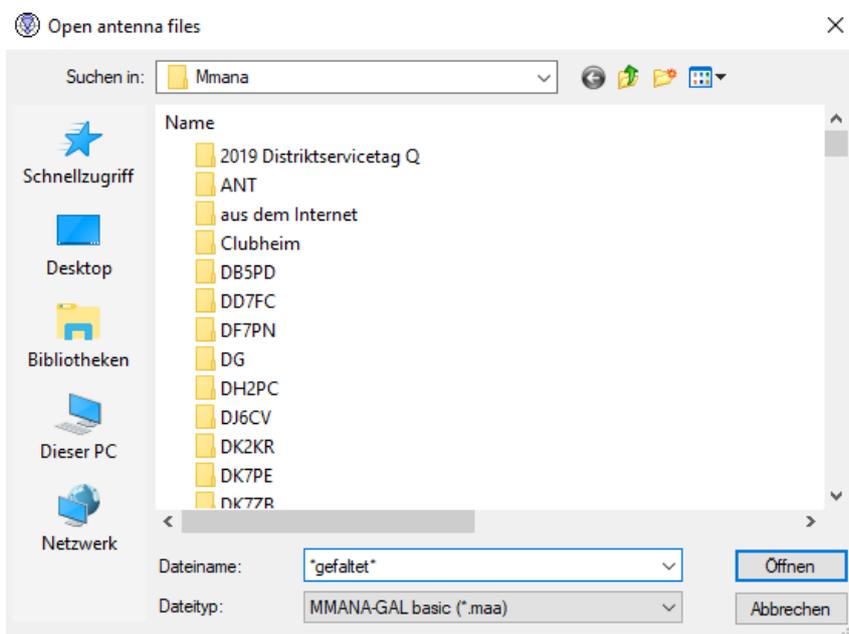
MMANA segmentiert automatisch die eingegebene Antenne. Die Segmente sollen max. 1/20 Lambda groß sein. Falls man aber doch Zweifel hat, ob die Segmentierung gut ist, kann man das wie folgt überprüfen:

Man startet mit der Berechnung und notiert Gewinn und Impedanz des Speisepunktes. Dann vergrößert man die Anzahl der Segmente um ca. 50%. Jetzt wieder Gewinn und Impedanz notieren. Die Anzahl an Segmenten, ab wo sich die Ausgabewerte nicht mehr wesentlich ändern, entspricht der Minimalzahl von Segmenten für das Modell. Man sagt, das Modell ist bei diesem Segmentierungsniveau konvergent. In einigen Fällen ist eine minimale Segmentierung ausreichend. In anderen, speziell bei Antennen mit geschlossener Geometrie (wie kantigen Schleifen), kann der benötigte Segmentierungsgrad höher sein.

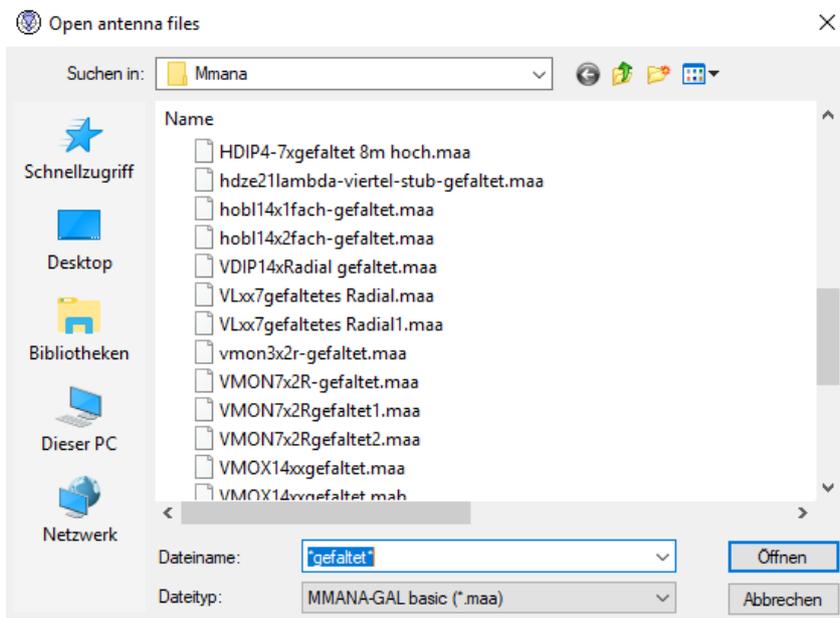
(aus: http://dg7ybn.de/Ant_soft/Ant_Software_DE.htm#intro)

17. Dateien suchen

Wenn man nach vorhandenen Dateien sucht, kann man auch in MMANA nach Bruchteilen des Dateinamens suchen. Hier im Beispiel suchte ich einen Dateinamen, in dem „gefaltet“ vorkommt. Man setzt den Suchbegriff in Sternchen (*).



Und das ist die Antwort dazu:



Damit habe ich aus 2.600 Antennen-Dateien, schon mal die 24 gefunden, in denen dieser Begriff enthalten ist und dann hat man auch schnell die gesuchte Datei identifiziert.

18. Frequenzvoreinstellungen ändern

In der letzten MMANA-Version (3.5.3.65) kann man weitere voreingestellte Frequenzen hinzufügen/editieren. Dazu geht man im Ordner „Geometrie“ auf das Auswahlfeld „Frequenz“ (oben rechts). Dort erscheint eine txt-Datei im Editiermodus. In der kann man die Frequenzeinträge ändern, bzw. weitere nützliche Frequenzen hinzufügen. Diese erscheinen automatisch auch in dem Ordner „Berechnen“, im Auswahlfeld „Freq.“ Im Ordner „Berechnen“/„Graphiken“ werden sie allerdings nicht übernommen.

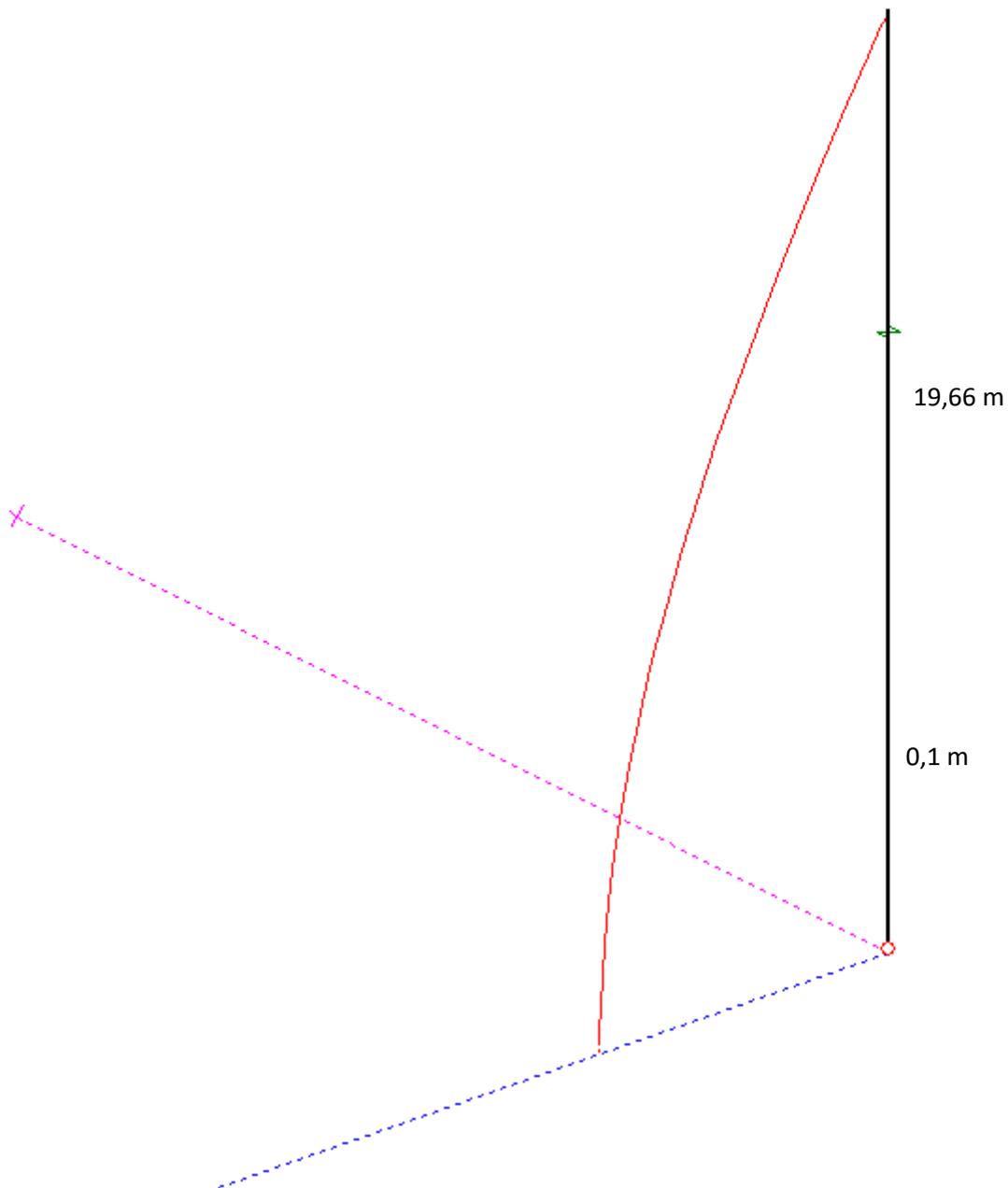
The screenshot shows the MMANA software interface. On the left, a dropdown menu is open, displaying a list of frequencies in MHz. The selected frequency is 14.150. The list includes: 1.910, 3.550, 3.650, 3.750, 7.050, 7.150, 10.120, 14.050, 14.150 (highlighted), 18.080, 18.120, 21.050, 21.200, 24.900, 24.940, 28.200, 28.500, 29.500, 50.100, 50.500, 51.000, 144.100, 144.400, 145.000, 430.000, 431.000, 432.000, 435.000, 1294.000, and 1295.000. To the right of the dropdown, the unit 'MHz' is displayed, along with checkboxes for 'Lambda' and 'Verbunden halten'. Below these are two empty input fields. Further down, there is a table with two columns: 'R(mm)' and 'Seg.'. At the bottom, there is a checkbox for 'Lasten verwenden' and another table with three columns: 'C/jX/B0', 'Q/A1', and 'F/B1'.

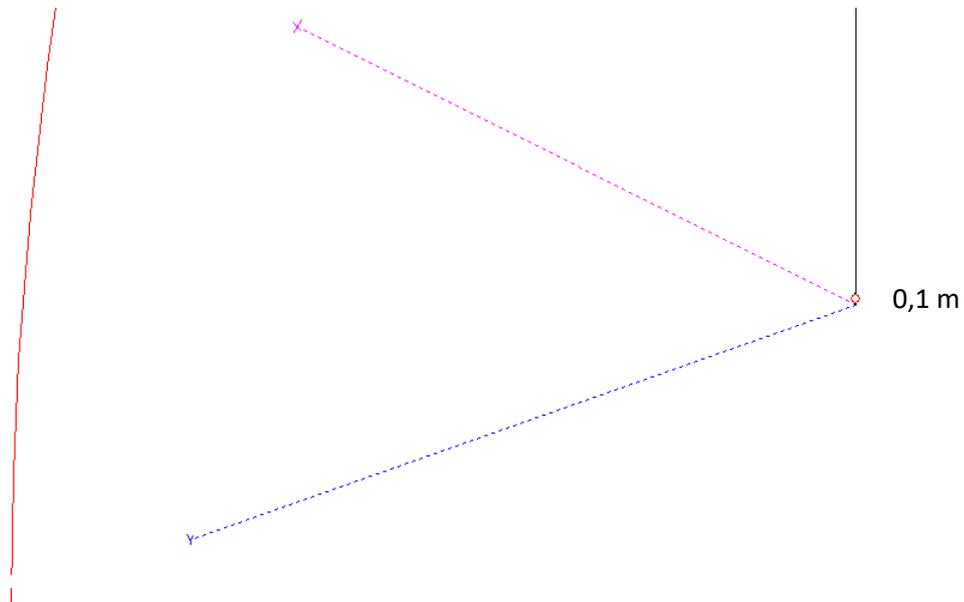
R(mm)	Seg.

C/jX/B0	Q/A1	F/B1

19. Erdpotenzial als Gegengewicht für einen Monopol

Wenn man einen Vertikalstrahler für z.B. 80 m errichtet und ihn gegen Erde betreibt, kann man das in MMANA auch simulieren: Dazu zeichnet man den eigentlichen Strahler (hier 19,66 m) und fügt unten ein 10 cm langes Drahtstück als Einspeisestelle ein. Dieser Draht endet bei $z = 0$ dient. Bei der Simulation wird bei der Antennenhöhe = 0 m eingetragen wird. Dann interpretiert das Programm diesen Draht als mit der Erde verbunden.





MMANA-GAL basic d:\daten\7_amateurfunk\2_antennen-leitungen-berechnungen\2_berechnungen\mmana\mmana\mmon3xdirekt auf erde.maa

Datei Bearbeiten Werkzeuge Einstellungen Hilfe MMANA-GALpro

Geometrie Antennenansicht Berechnen Fernfelddarstellung

Freq MHz

Erdboden

Freiraum

Ideal

Real Eigenschaften

Höhe m

Material

```

WELLENLÄNGE = 81.025 (m)
PULSENANZAHL = 28
DER NIEDRIGSTE PUNKT DER ANTENNE = 0.000 M
FILL MATRIX...
FACTOR MATRIX...
QUELLE  U (V)      I (mA)      Z (Ohm)      SWV      PWR(WT)
w2c    10.00+j0.000  269.1+j0.619  37.16-j0.086  1.35    2.6911
LEISTUNG = 2.69 WTT
STRÖME...
FERNFELD (Pin = 2.6911 WT)
KEINE FEHLER
0.03 sec
  
```

Nr.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd	Ga dBi
1	3.7	37.16	-0.0855	1.35	---	0.43

Sobald man als Höhe einen anderen Wert als Null einsetzt kommt ein unsinniges Ergebnis heraus.

7. Untersuchungsideen mit MMANA

- Was passiert, wenn man eine Yagi aus der Waagerechten 20 Grad nach oben/ unten hält?
- Wie ändern sich die Antennendaten, wenn man die gleiche Antenne von horizontal auf vertikal dreht?
- Was passiert, wenn man eine Vertikalantenne nicht mehr senkrecht stellt (z.B. 75 Grad)?
- Kann man zwei ineinander geschachtelte Quad-Antenne (z.B. 2 m/ 70 cm) betreiben?
- Wie wirken zwei um 90 Grad versetzte Yagi-Antennen 70 cm/ 2 m?
- Optimieren einer Windomantenne auf mehreren Bändern

8. Programmfehler

1. Boden

Manchmal springt im Kasten „Erdboden“ die Einstellung von 'Real' auf 'Freiraum' -> darauf achten und vor dem Berechnen wieder zurückstellen.

2. Rechtschreibfehler

Es sind einige Rechtschreibfehler in der Beschriftung der einzelnen Funktionen. Die sind in einer einfachen Textdatei. Man kann sie editieren, indem man unter C:/Windows/Programme/MMANA-Gal basic/Language/ die Datei „Deutsch“ öffnet und mit Word oder einem anderen Editorprogramm korrigiert.

3. Programmbedienung blockiert

Manchmal kann man das Programm nicht mehr bedienen, weil im Hintergrund ein anderes Fenster von MMANA offen ist. Man kommt aber nicht dran, weil auch die Minimierungsfunktion blockiert ist. Dazu links unten auf dem Bildschirm mit der rechten Maustaste den Windowsbutton  öffnen, den Taskmanager aufrufen, den Reiter Prozesse wählen, auf den Pfeil (>) vor dem Antenna-Analyzer-Programm drücken, dann erscheint darunter erneut eine Zeile „MMANA-Gal_Basic“, mit dem Cursor darauf gehen, die rechte Maustaste betätigen und „Vordergrund“ anwählen. Dann erscheint das verdeckte Fenster und man kann es wieder schließen.

9. Bei MMANA beachten

- Der **Abstand der Drähte** untereinander muss mindestens 10 x Leiterdurchmesser betragen
- Zu **eng gelegte Drähte vermeiden**: wenn z.B. bei 20 m Drähte näher als 25 cm entfernt sind, werden zu hohe Verstärkungswerte errechnet
- Die Drähte sollen **mindestens in 10 Segmente/Wellenlänge** unterteilt sein (macht das Programm automatisch)
- Die Drähte (Elemente) sollen einen **Durchmesser von 0,02 Wellenlänge nicht überschreiten** (bei 2 m entspräche das 4 cm)

- Ein **Draht** soll nicht kürzer sein als 1,25 x seines Durchmessers
- Je näher Antennendrähte in **Bodennähe** angebracht sind, desto höher wird die Verstärkung fälschlicherweise angegeben.
- Die Berechnung von **Koaxantennen** (z.B. Bazooka) ist nicht möglich.
- Die Abbildung von **Reflektorflächen** (z.B. bei einer Biquad-Antenne für 2400 MHz) geht nicht. Die müsste man als Kreuzgitter mit $\lambda/20$ -Abschnitten zeichnen. Da erreicht man aber schnell die Grenze von 10.000 Segmenten.

10. MMANA-Antennenviewer

<http://www.dl1pbd.de/ger/viewer.htm>

Mit diesem Programm kann man die **.maa-Dateien sichtbar machen und sehr viel schneller durchsehen, als mit MMANA**. Außerdem übersetzt dieses Programm die **.maa-Dateien** in **.nec-Dateien** und sind so auch von 4NEC2 lesbar. DL1PBD ist Mitentwickler von MMANA-GAL.

11. NEC-2 für MMANA

<https://www.qsl.net/ua3avr/>

Download Version 1.8.1. *(mit google-translate aus dem Russischen ins Deutsche übersetzt)*: Das Dienstprogramm "NEC-2 für MMANA" ist für die Berechnung von Antennenmodellen vorgesehen, die im Programm MMANA erstellt und optimiert wurden. Die Berechnung erfolgt unter Verwendung von NEC-2, einschließlich Berechnungen über einer Oberfläche des Bodens im **Sommerfeld-Norton-Modell**, Berechnungen mit NEC-2 Extended Thin Wire Kernel (EThWK) und Spannungsanregungen durch Current Slope Discontinuity Voltage Sources (CSDVS). **In "NEC-2 für MMANA" ist es möglich, Berechnungen auch in dem Fall durchzuführen, in dem einige Drähte im MMANA-Modell dielektrisch isoliert sind (z.B.PVC-ummantelt)**. Die maximale Anzahl an verarbeitbaren Segmenten beträgt 3000. Das Programm läuft nur unter einem 32-Bit-System. Konzipiert und programmiert wurde NEC-2 für MMANA von Arie Voors aus Neede, Niederlande.

12. Diskussionsforum für MMANA im Internet

Diskussions-Forum für MMANA: <http://dl2kq.de/forum/index.php?board=1.0> . Das ist allerdings in Russisch. Man kann sich aber helfen, indem man in den Google-Übersetzer verwendet <https://translate.google.com/?hl=de> . Man gibt die fremdsprachige URL in das Textfeld ein und wählt die Ausgangs- und Zielsprache. Jetzt kann man die Seite lesen.

13. Antennenprojekte mit MMANA von DK2FQ

Hier sind einige Antennenprojekte, die mit MMANA simuliert wurden:

<https://dk2fq.jimdofree.com/projekte/>

14. Vergleich mit anderen Simulations-Programmen

EZNEC (<https://www.eznec.com/>): ist inzwischen als EZNEC PRO+ V. 7.0 kostenlos erhältlich. Es ist in Englisch, basiert auf NEC-4 und kann Drähte, die im Boden vergraben sind, berücksichtigen (geht bei MMANA nicht), kann Nahfelddaten (z.B. für Selbsterklärung BEMFV) erzeugen (MMANA: nur Fernfeld).

4NEC2 (<https://www.qsl.net/4nec2/>): kostenlos, hohe bedienungsmäßige Einstiegshürde, nur in Englisch. Man kann mit entsprechenden Formeln und Variablen Optimierungsfunktionen ausführen. 4NEC2 kann Nah- und Fernfelddaten berechnen. Und man kann isolierte Drähte (coated) damit simulieren (kann MMANA nicht).

MININEC (MMANA wurde auf Basis Mininec3 programmiert) leidet im Vergleich zu NEC unter einigen bekannten Fehlern, von denen der bekannteste ist, dass Resonanzfrequenzen leicht fehlerhaft sein können. MININEC beherrscht jedoch unterschiedliche Drahtdurchmesser besser als NEC-2 und wahrscheinlich NEC-4; Dazu gehören parallele Drähte mit unterschiedlichem Durchmesser, schräg verbundene Drähte mit unterschiedlichem Durchmesser und Antennenelemente mit konischem Durchmesser. Das Platzieren von Quellen an einem Schnittpunkt von zwei Drähten ist ein Problem für NEC-2, aber nicht für MININEC. MININEC konvergiert langsamer (erfordert mehr Segmente), wenn sich Drähte in einem Winkel verbinden, wenn Drahtsegmente von deutlich unterschiedlicher Länge nebeneinander liegen und ein schwächeres Massemodell haben.

15. Fazit

MMANA ist kostenlos, mit ausreichender Performance für uns Funkamateure, in Deutsch, einfach bedienbar, hat ein Optimierungsprogramm und viele Tools für die Berechnung von Anpassschaltungen (LC, Stichleitung, usw.). Im Übrigen gehen alle drei Programme auf den gleichen Kern zurück: NEC. MMANA basiert auf MININEC3. Dieser Kern wurde aus NEC2 entwickelt, um damit schneller auf dem PC zu rechnen. Er hat andere Einschränkungen als der NEC2-Kern (siehe Anhang). EZNEC basiert auf dem NEC2-Kern. Man kann NEC5 dazukaufen (110 \$). Damit kann man vergrabene Radials berechnen, das kann MININEC3 nicht. 4NEC2 basiert ebenfalls auf dem NEC2-Kern. Die MMANA-GAL-PRO-Version (45.000 Segmente) braucht man nicht, obwohl die auch erschwinglich ist (139 €). EZNEC im Vergleich ist nicht so bedienerfreundlich. Allerdings kann EZNEC das Nahfeld berechnen (für BEMFV interessant), aber MMANA-Pro auch. Das EZNEC-Demo-Programm (frei) erlaubt nur 20 Segmente, EZNEC PRO/2+ V. 7.0 erlaubt 45.000 Segmente, und EZNEC+ 2.000 Segmente, MMANA-Basic 10.000.

Anhang

Vergleich von NEC2 (z.B. in EZNEC oder 4NEC2) u. MININEC von DL2KQ, Igor, aus <http://dl2kq.de/mmana/4-12.htm>, übersetzt mit Google aus dem Russischen:

Nr.	Problem	MININEC3	NEC2	Empfehlung
1	Eine Antenne, die keinen Bodenkontakt hat und horizontale abstrahlende Drähte (GP-Radiale gehören nicht dazu) in einer Höhe von 0,1 bis 0,2 λ über dem realen Boden enthält.	Senkt den aktiven Teil der Impedanz und überschätzt leicht die Verstärkung, da die Verluste der Nahzone für die Erwärmung der Erde nicht berücksichtigt sind.	Im Boden-Modus Sommerfeld-Norton reicht die Genauigkeit für die Praxis aus. Im Bodenmodus zeigt NEC2 das gleiche wie MININEC3.	Verwenden Sie NEC2 mit Sommerfeld-Norton-Ground. Unter Berücksichtigung der Verringerung der Genauigkeit ist auch MININEC möglich.
2	Eine Antenne, die keinen Kontakt mit der Erde hat und horizontale abstrahlende Drähte (GP-Radiale gehören nicht dazu) in einer Höhe von der Länge des Segments (λ -Segmentierung) bis 0,1 λ über der realen Boden enthält.	Stark (je stärker, desto geringer die Höhe) unterschätzt den Wirkanteil der Impedanz und ebenso stark die Verstärkung, weil die Verluste der Nahzone für die Erwärmung der Erde sind nicht berücksichtigt.	wie oben	Verwenden Sie NEC2 mit Sommerfeld-Norton-Masse. MININEC ist nicht sinnvoll zu verwenden.
3	Vertikal-Antenne mit horizontal-symmetrischen Radialen über dem realen Boden in einer Höhe von 3% bis 5% λ . Die Nahzone von Radialen ist klein, weil symmetrische Radiale fast nicht strahlen.	Es unterschätzt (leicht um einige %) den aktiven Teil der Impedanz und überschätzt die Verstärkung um einige Zehntel dB. Die Verluste der Nahzone für die Erwärmung der Erde sind nicht berücksichtigt	wie oben	Verwenden Sie NEC2 mit Sommerfeld-Norton-Masse. An Genauigkeit verliert MININEC aber fast nicht.
4	Eine Vertikale Antenne mit horizontalen Radialen über dem realen Boden in einer Höhe von der Länge des Segments (Wellenlänge/Segmentierung) bis 2% λ . Die Nahzone von Radialen ist klein, da symmetrische Radiale fast nicht emittieren.	Deutlich, wenn auch nicht so stark wie bei abstrahlenden horizontalen Drähten. Der Realteil der Impedanz wird unterschätzt, der Gewinn wird leicht überschätzt, da die Verluste der nahen Zone zur Erwärmung der Erde nicht berücksichtigt werden.	wie oben	Verwenden Sie NEC2 mit Sommerfeld-Norton-Ground. Unter Berücksichtigung der Verringerung der Genauigkeit ist auch MININEC möglich.

	MININEC3	NEC2		
5	Jede Antenne, bei der mindestens ein Draht den realen Boden berührt	Ausreichende Genauigkeit für die Praxis	Die Nutzung von Sommerfeld-Norton-Ground ist unmöglich. Geht nur bei MININEC!	Innerhalb anderer Grenzen gibt es keinen Unterschied zwischen NEC2 und MININEC.
6	Jede Antenne, die eine Verbindung von Drähten mit Durchmessern hat, die sich in der Hälfte oder weniger unterscheiden.	Ausreichende Genauigkeit für die Praxis	Ein wahrnehmbarer Fehler in der Impedanz. Es wird behandelt (aber nicht vollständig), indem die ETWKorrektur (Berechnung unter Verwendung des ExtendedThinWire Kerns) eingeschaltet und die Segmentierung erhöht wird.	Es ist besser, MININEC zu verwenden. Unter Berücksichtigung einer geringeren Genauigkeit kann man auch NEC2 mit ETWK verwenden.
7	Jede Antenne, bei der es eine Verbindung von Drähten mit Durchmessern gibt, die sich um mehr als das Doppelte unterscheiden.	Ausreichende Genauigkeit für die Praxis	Ein großer Fehler in Impedanz und Verstärkung, der mit zunehmendem Durchmesser Verhältnis schnell auf unakzeptable Werte anwächst. Versuche die Segmentierung zu erhöhen, verringern den Fehler, aber er bleibt immer noch zu groß.	MININEC verwenden. NEC2 kann nicht verwendet werden.
8	Ein kurzer dünner Draht als Teil eines Mehrdrahtmodells, in das eine Quelle oder Last eingefügt wird.	Mindestens 2 Segmente. Aber ein tolerierbarer Fehler bei einem Draht mit einer Länge von weniger als 1 Segment	Mindestens 3 Segmente (mindestens 1 Segment auf jeder Seite über die Quelle oder Last) notwendig. Für ein gutes Ergebnis - am besten mehr. Es gibt stark falsche Ergebnisse, wenn sie kürzer als ein Segment sind.	MININEC ist toleranter gegenüber Benutzerfehlern. NEC2 wird das nicht verzeihen.
9	Mehrere angeschlossene kurze Drähte	Ausreichende Genauigkeit für die Praxis	Es ist besser, es gar nicht erst zu versuchen. Es wird nichts Gutes dabei herauskommen. Große Fehler!	Nur MININEC

		MININEC3	NEC2	
10	Gamma-Matching	Ausreichende Genauigkeit für die Praxis	Nur mit dem gleichen Durchmesser aller Drähte und einer Größe in der Nähe des resonant abgestimmten Strahlers. Wenn man sich von resonanten Abmessungen und / oder einer Schleife dünnerer Röhren entfernt, steigt ein Impedanz-Verstärkungsfehler schnell auf große Werte an.	Nur MININEC . Im extremsten Fall, setzen Sie gleiche Durchmesser und Resonanzabmessungen des Elements, dann kann man auch NEC2 verwenden.
11	Omega-Matching	Ausreichende Genauigkeit für die Praxis	Das gleiche wie Gamma, plus die Unfähigkeit, auch mit allen Einschränkungen mit einer kurzen Schleife zu arbeiten.	Nur MININEC
12	Die Spule befindet sich nicht am Strommaximum	Ausreichende Genauigkeit für die Praxis	Zunehmender Fehler mit Abstand vom Strombauch im reaktiven Teil der Impedanz.	Es ist besser, MININEC zu verwenden. NEC2 wird sehr vorsichtig verwendet, je stärker das berechnete jX_a , desto weiter ist die Spule vom Strombauch entfernt ist.
13	Stark verkürzte Antennen	Ausreichende Genauigkeit, aufgrund des schmalen Bandes solcher Antennen kann es jedoch notwendig sein, die reale Antenne zu justieren.	Je nach Verkürzungsmethode ist ein erheblicher Fehler im reaktiven Teil der Impedanz möglich.	Innerhalb seiner anderen Grenzen ist MININEC vorzuziehen.

		MININEC	NEC2	
14	Lange Leitungen als Teil einer Antenne oder ihrer Stromversorgung oder eines passenden Systems.	Niederohmige Leitungen können nicht simuliert werden, aber hochohmige.	Lange Leitungen können simuliert werden, aber ohne Verluste und ohne Berücksichtigung ihrer Strahlung.	NEC2 wird bevorzugt. Mit Niederohm Leitungen (weniger als 300 Ohm) nur NEC2.
15	Drahtdurchmesser	Die Mindestlänge eines Segments beträgt mindestens acht Radian, aber wenn ein Segment auf nur zwei Radian verkürzt wird, ist der Fehler gering.	Die minimale Segmentlänge beträgt mindestens acht Radian. Wenn die ETWK-Korrektur aktiviert ist, mindestens zwei Radian. Der Fehler steigt stark an, wenn die Länge des Segments unter den angegebenen Grenzwert fällt.	Bei beiden Programmen die Segmentierung genau im Auge behalten. In NEC2, mehr, weil NEC2 keine Fehler verzeiht.
16	Antenne mit hoher Eingangsimpedanz	Ausreichende Genauigkeit für die Praxis	Kein sehr großer, aber auffälliger Fehler der Eingangsimpedanz, der mit der Erhöhung der Impedanz wächst.	Innerhalb seiner anderen Grenzen ist MININEC vorzuziehen.

Weitere Informationen zu NEC2, MININEC und MMANA:

<http://dl2kq.de/forum/index.php/topic,46.0.html>

http://dg7ybn.de/Ant_soft/Ant_Software_DE.htm#intro

Wolfgang Beer, DK2FQ/11.03.22, DARC/OV Bodenheim K56, wolfgang.beer@gmx.net